

# Les effets d'une augmentation du prix de l'eau d'irrigation au Maroc: une étude en modèle d'équilibre général calculable

---

Par

**Véronique Gosselin**

**Sous la direction de Luc Savard**

Mémoire présenté au programme de Maîtrise en économique  
En vue de l'obtention du grade de Maître ès sciences

FACULTÉ D'ADMINISTRATION  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Novembre 2010

VII - 774



Library and Archives  
Canada

Published Heritage  
Branch

395 Wellington Street  
Ottawa ON K1A 0N4  
Canada

Bibliothèque et  
Archives Canada

Direction du  
Patrimoine de l'édition

395, rue Wellington  
Ottawa ON K1A 0N4  
Canada

*Your file Votre référence*

*ISBN: 978-0-494-88852-0*

*Our file Notre référence*

*ISBN: 978-0-494-88852-0*

#### NOTICE:

The author has granted a non-exclusive license allowing Library and Archives Canada to reproduce, publish, archive, preserve, conserve, communicate to the public by telecommunication or on the Internet, loan, distribute and sell theses worldwide, for commercial or non-commercial purposes, in microform, paper, electronic and/or any other formats.

The author retains copyright ownership and moral rights in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

#### AVIS:

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque et Archives Canada de reproduire, publier, archiver, sauvegarder, conserver, transmettre au public par télécommunication ou par l'Internet, prêter, distribuer et vendre des thèses partout dans le monde, à des fins commerciales ou autres, sur support microforme, papier, électronique et/ou autres formats.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

---

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms may have been removed from this thesis.

While these forms may be included in the document page count, their removal does not represent any loss of content from the thesis.

Conformément à la loi canadienne sur la protection de la vie privée, quelques formulaires secondaires ont été enlevés de cette thèse.

Bien que ces formulaires aient inclus dans la pagination, il n'y aura aucun contenu manquant.

# Canada

## Résumé

Ce mémoire utilise un modèle d'équilibre général calculable basé sur celui réalisé par Decaluwé, Patry et Savard (1998) afin d'analyser les impacts de changements dans la grille tarifaire de l'eau marocaine. Différentes modifications sont apportées au modèle de Decaluwé, Patry et Savard (1998) afin d'en augmenter la précision, soit une division du modèle en quatre régions se basant sur les bassins versants marocains, une désagrégation des branches agricoles et l'actualisation de la production de l'eau et des données nationales utilisées. Ces modifications permettent de clarifier, dans le contexte actuel, les effets directs et indirects d'une augmentation des tarifs de l'eau agricole et de comparer les impacts de deux tarifications différentes, soit une augmentation de 10% des prix de l'eau d'irrigation et une tarification au coût marginal pour l'ensemble des usagers. La première simulation entraîne une diminution importante des subventions au secteur de l'eau, ce qui augmente l'épargne du gouvernement de 18,27%. La simulation entraîne par ailleurs une augmentation de l'emploi agricole pour l'ensemble des régions, une faible diminution de la production agricole (entre 0,07% et 1,64% selon les branches de production) et une diminution de la production d'eau entre 6,51% et 7,32% selon les régions. La deuxième simulation effectuée entraîne une augmentation des subventions au secteur de l'eau et un impact négatif sur l'épargne du gouvernement (baisse de 54,09%). Cette simulation engendre une baisse de la production de l'eau au niveau national mais une augmentation de production d'eau dans la région la plus fragile au stress hydrique. La production agricole diminue plus fortement, entre 0,17% et 11,27% selon les branches de production, et l'emploi agricole augmente dans les régions au nord du pays mais diminue dans les régions du sud.

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mon directeur de recherche, Luc Savard, pour l'encadrement, le soutien et les conseils prodigués tout au long de la rédaction de ce mémoire. Je souhaite aussi remercier Touhami Abdelkhalek et Fouzzia Ejjanoui, pour leur accueil généreux. Merci à M. Abdelkhalek pour ses commentaires et l'ensemble des données et informations fournies, indispensables à la réalisation de ce mémoire. Je remercie aussi l'ensemble du personnel du Conseil Général du Développement Agricole situé à Hay Riad Rabat, pour leur accueil et leurs conseils. Finalement, je tiens à remercier le Conseil de Recherche en Sciences Humaines du Canada, pour le financement accordé via le Programme de bourses d'études supérieures du Canada Joseph-Armand-Bombardier.

## **Table des matières**

Résumé.....	ii
REMERCIEMENTS .....	iii
Table des matières.....	iv
Table des figures .....	vi
Table des tableaux.....	vii
Abréviations et Sigles.....	ix
CHAPITRE 1. Contexte général de l'étude .....	1
A. Introduction.....	1
B. Situation de l'eau au Maroc .....	4
1. Bilan Global .....	4
2. L'eau et l'agriculture.....	6
3. La gestion de l'eau au Maroc .....	6
CHAPITRE 2. Cadre théorique de l'étude.....	10
A. Les Modèles d'Équilibre Général Calculable: une introduction.....	10
B. Revue de littérature .....	11
C. La tarification de l'eau, principes économiques.....	15
CHAPITRE 3. Cadre méthodologique.....	17
A. Modifications au modèle de base.....	17
1. Régions modélisées .....	17
2. Taxation.....	19
3. Décomposition de la production agricole.....	20
B. Le modèle macroéconomique de base .....	21
C. Technologie de production de l'eau .....	28
D. Description du cadre comptable.....	40
1. Division de l'agriculture.....	41
2. Régionalisation de l'agriculture et de l'industrie .....	42

3. Division et régionalisation du secteur de l'eau.....	44
CHAPITRE 4. Simulations et résultats .....	50
A. Augmentation de 10% des prix de l'eau d'irrigation .....	50
1. Analyse des variables macroéconomiques .....	50
1. Branches agricoles.....	53
2. Branches industrielles et services marchands.....	68
3. Services non marchands .....	70
4. Ménage .....	72
5. Secteur de l'eau .....	75
B. Simulation 2 : Prix de l'eau égal au coût marginal .....	78
1. Analyse des variables macroéconomiques .....	80
1. Branches agricoles.....	81
2. Branches industrielles et services marchands.....	88
3. Services non marchands .....	89
4. Ménage .....	91
5. Secteur de l'eau .....	91
CHAPITRE 5. Conclusions .....	93
ANNEXES .....	97
Annexe A. Équations.....	98
Annexe B. Ensembles.....	108
Annexe C. Variables et paramètres .....	111
Annexe D. Élasticités .....	116
Annexe E. Régions .....	118
Annexe F. Conditions pluviométriques .....	121
Bibliographie.....	122

## **Table des figures**

Figure 1. Production d'un bien <i>i</i> .....	22
Figure 2. Structure de production des branches industrielles.....	24
Figure 3. Structure de la production agricole.....	25
Figure 4. Structure de production de l'eau .....	29
Figure 5. Production d'eau.....	37

## **Table des tableaux**

Tableau 1. Eau souterraine et eau de surface par région.....	34
Tableau 2. Paramètres $KI^{inflex}$ et $\delta$ par région.....	35
Tableau 3. Exemple de division par culture (1).....	47
Tableau 4. Exemple de division par culture (2).....	48
Tableau 5. Variables macroéconomiques.....	52
Tableau 6. Utilisation de l'eau d'irrigation par branche de production.....	54
Tableau 7. Prix au producteur.....	55
Tableau 8. Intensité d'utilisation de l'eau par produit agricole.....	56
Tableau 9. Différences entre le prix au producteur et le prix domestique.....	57
Tableau 10. Exportations des produits agricoles.....	58
Tableau 11. Importations agricoles.....	59
Tableau 12. Prix domestiques et composites des produits agricoles.....	61
Tableau 13. Demande composite.....	62
Tableau 14. Production par région et par branche de production.....	64
Tableau 15. Intensité d'utilisation de l'eau par branche agricole.....	65
Tableau 16. Intensité d'utilisation de l'eau par région.....	66
Tableau 17. Intensité d'utilisation de l'eau par produit agricole.....	66
Tableau 18. Taxe de vente.....	71
Tableau 19. Travail par branche de production.....	74
Tableau 20. Production de l'eau.....	75
Tableau 21. Subventions au secteur de l'eau.....	77



Tableau 22. Prix de l'eau, tarification au coût marginal .....	79
Tableau 23. Variables macroéconomiques.....	80
Tableau 24. Utilisation de l'eau d'irrigation par branche de production agricole .....	82
Tableau 25. Prix à la production, prix domestiques et prix composites par produit agricole.....	84
Tableau 26. Production agricole par produit agricole.....	87
Tableau 27. Production agricole par branches de production .....	87
Tableau 28. Production d'eau par région .....	90
Tableau 29. Subventions au secteur de l'eau, par région.....	90
Tableau 30. Les produits .....	108
Tableau 31. Les produits intermédiaires .....	109
Tableau 32. Les branches de production.....	110
Tableau 33. Variables endogènes.....	112
Tableau 34. Variables exogènes.....	113
Tableau 35. Paramètres .....	115
Tableau 36. Élasticités.....	117
Tableau 37. Régions .....	120
Tableau 38. Conditions pluviométriques par région agricole .....	121
Tableau 39. Conditions pluviométriques par régions modélisées.....	121

## **Abréviations et Sigles**

### **Agriculture**

GRAI	Céréales
OLEA	Oléagineux
ANI	Production d'origine animale
LEGU	Légumineuses alimentaires
ARBO	Arboriculture
SUCR	Cultures sucrières
MARA	Agriculture maraîchère

### **Autres**

DPS	Decaluwé, Patry et Savard
FAO	Food and Agriculture Organization
MEGC	Modèle d'Équilibre Général Calculable
ORMVA	Office Régional de Mise en Valeur Agricole
NE	Nord-est
NO	Nord-ouest
SE	Sud-est
SO	Sud-ouest
Réf.	Référence

## **CHAPITRE 1. Contexte général de l'étude**

### **A. Introduction**

L'eau douce est une ressource essentielle à la vie. Indispensable au maintien des écosystèmes dans lesquels nous vivons ainsi qu'à la survie de plusieurs espèces, l'eau est également indispensable au développement socio-économique des sociétés. En effet, son utilisation est nécessaire au niveau domestique, industriel et agricole. Actuellement, au niveau mondial, l'utilisation domestique (tâches ménagères, eau potable, assainissement) compte pour 10% de la consommation d'eau. L'activité industrielle, qui nécessite de l'eau douce pour différents procédés tels la production d'électricité, la transformation et réfrigération des produits alimentaires et l'entretien des équipements et installations, compte pour 20% de la consommation mondiale d'eau douce. Finalement, l'agriculture présente la plus grande consommation d'eau douce, mobilisant pour ce seul secteur 70% de la consommation totale de la ressource au niveau mondial (UNESCO, 2009).

Étant donné la rareté de l'eau douce sur la planète, son utilisation à des fins de développement, couplée avec le maintien des écosystèmes qu'elle alimente, présente des défis importants. Différentes problématiques figurent au cœur de la ressource : sa rareté, son accès, sa qualité, les services d'assainissement, l'environnement, l'adaptation aux changements climatiques et le vieillissement des infrastructures qui permettent sa mobilisation en sont quelques exemples. Cependant, parmi l'ensemble des

problématiques qui entourent l'eau douce, la gestion de l'eau dans le secteur agricole revêt une importance majeure, vue l'étendue de sa consommation.

Dans un contexte de croissance démographique et de développement économique, la compétition pour l'eau douce s'intensifie. Actuellement, près de 700 millions de personnes vivent dans des pays présentant des pénuries d'eau et d'ici 2035, il est estimé que plus d'un tiers de la population mondiale souffrira du manque d'eau (Banque Mondiale, 2009). Étant donné la répartition inégale de la ressource sur la planète, certaines régions demeurent plus fragiles au stress hydrique. La région Afrique du Nord, par exemple, souffre de la rareté de l'eau depuis les toutes premières civilisations (Banque Mondiale, 2009). De plus, cette région est particulièrement vulnérable au réchauffement de la planète, à la réduction des précipitations et à l'élévation du niveau des océans. Le manque d'eau dans la région est ainsi sujet à s'aggraver dans le futur, engendrant une concurrence importante pour l'accès à la ressource, pouvant se traduire par des troubles politiques et de la violence (Banque Mondiale, 2009). La production, le traitement et la distribution de l'eau se retrouve donc au centre des préoccupations de ces pays, pour lesquels les autorités gouvernementales ont consacré des investissements importants afin d'accroître sa production et augmenter sa distribution. Le Maroc, pays d'Afrique du Nord, n'y fait pas exception. Ce pays a beaucoup misé sur le développement de l'agriculture comme constante de sa politique économique depuis le recouvrement de son indépendance, en 1956 (Belghiti, 2003), et a ainsi développé un vaste réseau d'infrastructures visant à mobiliser les ressources hydriques du pays vers l'irrigation, en parallèle avec l'utilisation domestique et industrielle. Cependant, la

mobilisation des ressources ne suffisant pas à combler la demande dans une perspective de long terme (FAO, 2005), le gouvernement marocain a décidé d'appliquer des politiques de gestion de la demande afin d'encourager un meilleur usage de l'eau et ainsi parvenir à une meilleure conservation de la ressource. La tarification de l'eau s'est donc imposée comme politique additionnelle de gestion de l'eau en 1995, lors de la publication de la nouvelle loi sur l'eau (Tenneson et Rojat, 2003). Les redevances alors instaurées varient selon les usagers, et se trouvent significativement plus faible pour l'eau agricole, le principal consommateur d'eau douce, créant ainsi des distorsions dans la distribution de la ressource et une conservation non optimale. Le gouvernement marocain tarde à augmenter les tarifs de l'eau agricole vu l'importance du secteur agricole au pays mais a récemment réaffirmer la volonté d'utiliser la gestion de la demande dans le secteur agricole (Banque mondiale, 2010). Ce mémoire se penche donc sur les conséquences que peuvent entraîner une augmentation des redevances agricoles sur les différentes composantes de l'économie marocaine dans le contexte actuel. Un Modèle d'Équilibre Général Calculable (MEGC), dont les caractéristiques sont exposées plus tard, est utilisé comme outil d'analyse. Le reste du travail sera divisé ainsi : d'abord, une description de la situation de l'eau douce au Maroc sera présentée, ainsi qu'une brève introduction sur les MEGC. Une revue de littérature portant sur les MEGC relatifs à la question de l'eau sera ensuite abordée, suivi d'une présentation théorique sommaire sur la tarification de l'eau. La méthodologie sera ensuite exposée, ainsi que les caractéristiques du modèle utilisé. Finalement, les différentes simulations d'augmentation de prix et les résultats de ces dernières seront discutés, pour compléter avec une conclusion.

## **B. Situation de l'eau au Maroc**

### **1. Bilan Global**

Le Maroc présente une variabilité spatiale importante au plan climatique, topographique et hydrographique en raison des influences méditerranéennes, atlantiques et sahariennes qui s'entremêlent sur son territoire. En effet, les précipitations moyennes pour le pays se situent à 346 mm/an, variant de 750 mm au nord-ouest du pays à moins de 150 mm dans le sud-est (FAO, 2005). Sur la majorité du territoire, cependant, le climat est semi-aride et l'eau est rare.

Les ressources en eau renouvelables pour le pays sont estimées à 29 milliards de m<sup>3</sup> par année. L'eau de surface représente la majorité de ces ressources, avec 22 milliards de m<sup>3</sup>. Parmi ces ressources renouvelables, 20,7 milliards de m<sup>3</sup> d'eau par année sont mobilisables dans les conditions actuelles, via des barrages qui captent les eaux de surface et un réseau de forages, de puits et de captages de sources qui permettent d'exploiter les nappes souterraines (FAO, 2005). La population marocaine se chiffre à 31 200 000 habitants et le taux d'accroissement annuel de la population se situe autour de 1,2% (Banque Mondiale, 2009). En 2007, on estimait ainsi à 940 m<sup>3</sup> le volume d'eau renouvelable disponible par capita et à 670 m<sup>3</sup> le volume d'eau disponible par capita pour l'année dans le pays, ce qui se situe au-dessous du seuil de rareté fixé par les Nations Unies, à 1 000 m<sup>3</sup>/habitant/an (Royaume du Maroc, Secteur de l'eau et de l'assainissement, 2004). De plus, l'étude de la variation des ressources en eau montre

qu'un processus de baisse des ressources, attribuable aux changements climatiques, est entamé. En effet, entre 1984 et 2010, le potentiel hydrique dont dispose le Maroc a diminué de 24% (El Houdi, 2010), ce qui ajoute à l'état critique de la situation.

La demande en eau au Maroc est constituée principalement de la demande pour l'eau d'irrigation, qui représentait 87% de la demande totale en 2000. L'eau potable urbaine représente 8,2% de la demande, l'eau potable rurale 1,6% et l'industrie 2,9% (FAO, 2005). Actuellement, les besoins sont satisfaits, et les anticipations pour 2020 vont dans ce même sens: selon la *Food and Agriculture Organization*, les besoins devraient être satisfaits en 2020 (FAO, 2005), alors que le gouvernement marocain annonce la possibilité « *d'atteindre un équilibre entre les ressources et les besoins si tous les barrages prévus sont réalisés* » (Royaume du Maroc, 2009). Nonobstant ces prévisions, un bilan global masque le principal problème relié à la situation hydrographique du Maroc : les disparités importantes entre les régions. En effet, seuls deux des huit bassins versants du pays sont actuellement excédentaires, les autres présentent des déficits structurels (FAO, 2005), ce qui entraîne une surexploitation des nappes phréatiques pour plusieurs régions. En effet, en moyenne, le taux d'exploitation des eaux souterraines renouvelables se situe à 114,1%. Cette tendance à la surexploitation des nappes phréatiques augmentera dans le futur, étant estimé à 120,1% pour 2020 (FAO, 2005). La surexploitation des nappes phréatiques, notamment en zone côtière, entraîne des problèmes de qualité de l'eau en augmentant la salinité de l'eau renouvelable, ce qui affecte la disponibilité de la ressource, déjà rare, et engendre des coûts supplémentaires pour le secteur. Un meilleur usage de l'eau, de façon à atteindre une conservation

supérieure de la ressource et une diminution de sa production s'avère ainsi absolument pertinent et nécessaire, particulièrement dans les régions aux prises avec une surexploitation de la ressource.

## **2. L'eau et l'agriculture**

En 2003, la part de la valeur ajoutée agricole dans le PIB national se situe à 18%. L'agriculture irriguée ne concerne que 16% des superficies cultivées, mais représente 45% de la valeur ajoutée agricole, 75% des exportations du secteur et 81% du volume total de production agricole, toutes cultures confondues (FAO, 2005). Par ailleurs, les études de post-évaluation relatives à certains projets d'extension de l'irrigation dans les bassins Moulouya et Loukkos, dans le nord du pays, ont démontré que les revenus engendrés par l'irrigation sont non seulement plus réguliers qu'en l'absence d'irrigation, mais aussi de 4 à 8 fois supérieurs à ceux obtenus sans irrigation (FAO, 2005). De plus, ce secteur participe de façon importante au maintien d'un équilibre entre les zones urbaines et rurales, un enjeu politique important au Maroc (Tenneson et Rojat, 2003).

## **3. La gestion de l'eau au Maroc**

L'État est le principal acteur en termes de gestion de l'eau au Maroc. Il décide des règles générales, veille à la garantie de la salubrité et de la sécurité publique, réalise l'inventaire et la planification, décide de la construction d'ouvrages et intervient, en



collaboration avec le privé, dans la gestion de l'eau mobilisée pour la grande irrigation (FAO, 2005). Ainsi, la demande en eau au pays a jusqu'à maintenant été satisfaite grâce aux efforts du gouvernement marocain, en mobilisant la ressource via la construction de barrages et l'exploitation des eaux souterraines. Ce sont aussi des investissements de l'État, depuis les années 1960, qui ont permis de développer un vaste réseau d'agriculture irriguée, aujourd'hui d'une superficie de 1 458 160 hectares (Royaume du Maroc-SAM, 2008), dont les deux tiers sont gérés par des établissements publics (Decaluwé Patry et Savard, 1998).

Or, l'instauration de la nouvelle loi sur l'eau en 1995 a réorienté la gestion de la ressource sous une forme plus décentralisée afin d'augmenter l'efficacité de sa gestion et de favoriser les processus participatifs (FAO, 2005). C'est dans cette perspective de décentralisation que les agences de bassin hydraulique ont été instaurées. Les agences de bassins hydrauliques constituent actuellement le noyau central de la gestion hydrique marocaine. Au nombre de sept, ces agences sont sous la tutelle du Ministère de l'Aménagement, du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement et regroupent l'ensemble des acteurs concernés par la question de l'eau (FAO, 2005). Leurs responsabilités incluent la surveillance, la protection, la planification, la gestion intégrée et concertée des ressources en eau et la réhabilitation des infrastructures de mobilisation existantes à l'intérieur du bassin versant qu'elles occupent (Royaume du Maroc, Secteur de l'eau et de l'Assainissement, 2004).

L'instauration de la nouvelle loi sur l'eau a aussi intégré le principe du paiement de l'eau, afin de sensibiliser les usagers à la rareté de la ressource et encourager sa conservation. L'instauration des redevances pour l'eau s'est cependant effectuée en établissant des tarifs différents selon les usagers, ce qui a mené à des écarts importants entre les catégories d'usagers. En effet, en 2005, les tarifs de vente pour les usagers domestiques et industriels varient entre 1,30 et 13,17 dirham/m<sup>3</sup> (Royaume du Maroc, Haut Commissariat au Plan, 2008) avec une moyenne de facturation avoisinant 7,75 dirham/m<sup>3</sup>. Le tarif de vente pour l'agriculture, à la même année, se situait entre 0,22 et 0,67 dirham/m<sup>3</sup> (Royaume du Maroc, Haut Commissariat au Plan, 2008). Cet écart dans le niveau des redevances entraîne des distorsions importantes dans l'attribution de la ressource et une conservation non optimale.

Malgré le Cadre de Partenariat Stratégique 2010-2013 entre le Groupe Banque Mondiale et le Royaume du Maroc, qui réaffirme la nécessité de la gestion de la demande dans le secteur (Banque mondiale, 2010), il s'avère difficile politiquement d'augmenter les redevances sur l'eau agricole au Maroc. Le gouvernement marocain justifie le maintien des tarifications préférentielles en agriculture par la sécurité alimentaire, la gratuité traditionnelle de l'eau, le maintien d'emplois dans le secteur rural et la lutte contre l'exode rural (Decaluwé, Patry et Savard, 1998, Tenneson et Rojat, 2003). En effet, les effets généraux sur l'économie marocaine d'une hausse des redevances agricoles, notamment sur le maintien des emplois ruraux, la rémunération des facteurs et la production agricole ne sont pas bien cernés et demeurent difficile à prévoir. L'étude approfondie des effets de l'augmentation des redevances sur l'eau

agricole apparaît ainsi nécessaire. De plus, un tel examen ne peut être rendu que dans un contexte d'équilibre général, contexte impliquant l'ensemble des secteurs de l'économie. En effet, l'eau consiste non seulement en un produit de consommation vital, mais est aussi un intrant important à la production. Son rôle s'étend ainsi à plusieurs sphères de l'économie et une modification de son prix peut entraîner des effets sur les différents prix relatifs dans l'économie. De plus, les effets d'interdépendances et de rétroactions des décisions des agents doivent être captés afin de figurer correctement l'ensemble des effets d'une nouvelle politique sur la gestion de l'eau (Decaluwé, Patry et Savard, 1998). Le présent travail doit donc se situer dans un contexte étendu, prenant en compte l'ensemble des autres secteurs de l'économie. Le prochain chapitre présente ce contexte.

## **CHAPITRE 2. Cadre théorique de l'étude**

### **A. Les Modèles d'Équilibre Général Calculable: une introduction**

Les Modèles d'Équilibre Général Calculable (MEGC) présentent une approche analytique qui permet de capter l'ensemble des effets directs et indirects qu'une politique peut entraîner sur l'ensemble d'une l'économie, via les liens entre les différents secteurs et agents, et ceci de façon simultanée (Decaluwé, Martens et Savard, 2001). Pour qu'il soit pertinent d'utiliser un MEGC, il faut que la politique à l'étude touche un secteur important de l'économie étudiée qui possède des effets d'interdépendances avec les autres secteurs et entraîne des changements dans les prix relatifs (Savard, 2009). Puisque l'eau est un produit de consommation vital et un intrant important à la production industrielle et agricole, il est impossible d'effectuer une analyse en délaissant certains secteurs de l'économie sans biaiser les résultats. Dans cette optique, un MEGC est l'outil approprié pour analyser les questions relatives à la tarification de l'eau.

Le MEGC décrit le fonctionnement de l'économie à partir des comportements des agents économiques et des contraintes de l'économie. Différentes données sont nécessaires pour construire le modèle, telle qu'une matrice de comptabilité sociale (MCS), qui sert de données de base pour reproduire la situation de référence du pays à l'étude. Une fois la situation de référence construite, le MEGC permet de simuler diverses réformes économiques et d'observer leurs effets sur l'ensemble de l'économie

modélisée. Ainsi, un MEGC permet d'analyser les impacts d'une politique économique sur des variables macroéconomiques et sectorielles.

## **B. Revue de littérature**

Le premier MEGC se penchant sur des questions relatives à la gestion de l'eau a été présenté par Berck, Robinson et Goldman (1991). Ce modèle a été construit afin d'évaluer les politiques d'investissements favorisant la distribution de l'eau dans la région de San Joaquin, en Californie. Les auteurs vérifient, via leur modèle, les impacts d'une variation de la dotation en eau sur l'économie. Les résultats indiquent qu'une diminution de la quantité d'eau disponible entraîne une substitution de l'agriculture vers l'élevage, une baisse du PIB ainsi qu'une baisse de l'emploi agricole et des revenus agricoles. Les principales faiblesses du modèle consistent en la considération de l'eau comme stock exogène à l'économie et l'utilisation d'un seul consommateur d'eau dans l'économie, soit l'agriculture.

Le deuxième modèle sur le sujet a été construit par Goldin et Roland-Holst (1995). Ce modèle vise à examiner les relations entre les politiques de gestion de l'eau et le commerce extérieur au Maroc. Pour ce faire, les auteurs simulent une augmentation des prix de l'eau destinés à l'agriculture, une élimination des tarifs à l'importation ainsi qu'une combinaison de ces deux scénarios. Les auteurs observent une diminution du PIB, du revenu, de la consommation des ménages ainsi qu'une diminution de

l'utilisation de l'eau suite à la simulation d'une augmentation des tarifs de l'eau, et l'inverse se produit lorsqu'ils simulent une élimination des tarifs à l'importation. Lors de la combinaison, le PIB, le revenu et la consommation des ménages augmentent mais l'utilisation de l'eau se trouve diminuée. Le modèle présente certaines faiblesses, notamment l'utilisation d'une fonction de production agricole qui ne permet pas de substitution entre l'eau et les consommations intermédiaires. De plus, l'eau est considérée comme stock exogène et les ménages ne sont pas considérés comme consommateurs d'eau.

Le troisième MEGC portant sur des considérations relatives à la gestion de l'eau a été construit par Decaluwé, Patry et Savard (1998), dans le cadre d'une étude portant sur les effets de l'augmentation de la tarification de l'eau d'irrigation sur l'économie marocaine. Ce modèle vient corriger les faiblesses du modèle de Goldin et Roland-Holst (1995) en intégrant des fonctions de production d'eau pour l'eau souterraine et l'eau de surface, qui permettent d'endogéniser la ressource. Le modèle intègre aussi une compétition pour la ressource, en considérant l'agriculture, les industries ainsi que les ménages comme consommateurs d'eau. Par ailleurs, la fonction de production agricole utilisée permet des substitutions entre l'eau et les consommations intermédiaires. Les auteurs simulent une augmentation de 10% du prix de l'eau, une réduction de la subvention à la production d'eau et finalement une réduction de la pluviométrie. Les trois simulations entraînent des réductions de production d'eau ainsi qu'une diminution du PIB et du bien-être des ménages, cependant atténuée par la capacité de substitution des agriculteurs. Dans une étude ultérieure (1999), Decaluwé, Patry et Savard explorent

différents types de tarification de l'eau destinée à l'irrigation (tarification au coût marginal, à la Ramsey-Boiteux, et augmentation arbitraire de 10%). Ils concluent que la tarification Ramsey-Boiteux est celle présentant le meilleur impact pour la conservation de l'eau au Maroc, bien qu'elle induise un impact dépressif sur la production agricole, qui se traduit par une forte diminution des exportations. La faiblesse principale de ces deux modèles est qu'ils ne considèrent qu'une seule catégorie de ménage, ne permettant pas d'identifier quels sont les ménages les plus affectés par les mesures simulées. De plus, la décomposition du pays en deux régions (Nord-Sud) ne reflète pas correctement les bassins hydrographiques du Maroc.

Thabet (2003), a utilisé un MEGC afin de tester deux scénarios concernant la gestion de l'eau sur l'économie tunisienne. Le premier scénario consiste en une tarification uniforme de l'eau et une augmentation de la demande d'eau de 30% alors que le deuxième scénario consiste à comparer différentes formes de tarification au coût moyen. La première forme consiste en une tarification binomiale standard, avec un coût fixe et un tarif proportionnel à la consommation de la ressource. La deuxième forme de tarification n'applique le coût fixe qu'aux terres irriguées. Cette dernière forme de tarification entraîne un impact positif sur le bien-être des ménages urbains et un impact négatif sur le bien-être des ménages ruraux alors que les autres formes de tarifications présentées dans le modèle entraînent des effets négatifs sur le bien-être des ménages urbains et ruraux.

Briand (2006) a utilisé un MEGC sur un horizon de 20 ans afin de représenter une augmentation de la ressource eau au Sénégal dû aux politiques de mobilisation du gouvernement Sénégalais en parallèle avec une augmentation de la demande pour l'eau, générant un déficit hydrologique. L'auteure observe qu'une tarification au coût marginal permettrait d'absorber le déficit d'eau dans le futur et permet une augmentation du PIB, de l'investissement et du bien-être alors qu'une tarification au coût moyen entraîne à long terme une diminution de la production agricole et du bien-être ainsi qu'une augmentation du chômage.

Berritella, Rehdanz, Roson et Tol (2006), ont utilisé un MEGC incluant plusieurs pays afin de vérifier les effets de différentes politiques de gestion de l'eau au niveau international. Les auteurs ont observé que les taxes sur l'eau réduisent l'utilisation de la ressource et mènent à des changements dans la production, la consommation et les échanges internationaux. Les taxes sur l'eau agricoles sont les taxes entraînant le plus de changements dans les économies et sur le bien-être.

Velázquez, Cardenete et Hewings (2007) ont utilisé un MEGC pour analyser les effets d'une augmentation des prix de l'eau d'irrigation en Andalousie sur l'économie locale et sur la conservation de l'eau, avec un accent sur la réallocation de la ressource entre les usagers. La conclusion principale des auteurs est que la hausse de tarification testée n'entraîne pas une économie significative d'eau dans la structure de production, cependant la relocalisation de la ressource entraînée par la tarification engendre un comportement plus efficace du point de vue de la production.



Dans cette perspective, ce mémoire reprend le modèle de Decaluwé, Patry et Savard (1998) et cherche à le calibrer de façon plus précise et plus actuelle, notamment par la décomposition du modèle en régions reflétant les bassins hydrographiques du pays à l'étude, par l'actualisation des données nationales, de la production de l'eau et par une décomposition plus fine des branches agricoles. L'augmentation de la précision et l'actualisation du modèle permettent de clarifier les effets des modifications des tarifs de l'eau dans le contexte actuel. Par ailleurs, la décomposition basée sur les bassins versants, rarement utilisée, permet de représenter de façon plus précise l'ensemble des problématiques reliées à la gestion de l'eau en MEGC.

### **C. La tarification de l'eau, principes économiques**

D'un point de vue économique, la tarification au coût marginal est un principe qui assure l'allocation optimale d'une ressource entre les différents utilisateurs. Ainsi, l'efficacité est atteinte lorsque le prix de l'eau égal le coût de production d'une unité supplémentaire, de façon à ce que les usagers égalisent leur bénéfice marginal, relatif à leur consommation, au coût marginal de produire. La tarification au coût marginal permet ainsi d'assurer l'allocation optimale de la ressource au sens de Pareto. Dans le cas où l'égalité du prix et du coût marginal détermine un prix inférieur au coût total moyen de production, l'État doit verser au producteur d'eau une subvention égale à la perte afin de maintenir la tarification au coût marginal. Il s'agit alors d'une subvention optimale puisqu'elle permet l'allocation efficace de la ressource.

Un deuxième type de tarification, la tarification Ramsey-Boiteux, dégage l'État d'émettre une subvention dans le cas où la tarification au coût marginal génère une perte. Il s'agit de tarifier à un coût supérieur au coût marginal en minimisant les distorsions créées en s'éloignant de l'optimum de Pareto (Decaluwé, Patry et Savard, 1998). Le taux de majoration, soit l'écart entre le coût marginal et le prix, est déterminé selon la règle de l'élasticité inverse, formulée à l'origine par l'économiste anglais Frank Plumpton Ramsey (Ramsey, 1927). Les « prix à la Ramsey » sont en fait le résultat d'une maximisation du surplus des consommateurs sous la contrainte de profit nul, et leur mise en application nécessite le paiement de prix différents par les différents usagers, selon la sensibilité de leur demande aux variations de prix. Le taux de majoration est donc calculé en tenant compte de l'élasticité-prix de la demande des différents usagers.

Dans ce mémoire, l'objectif est d'identifier les effets et conséquences d'une augmentation de prix tendant vers un tarif optimal, et non de calculer la tarification optimale. En ce sens, les simulations effectuées explorent la tarification au coût marginal et une augmentation arbitraire de 10% des prix de l'eau. Le prochain chapitre aborde la méthodologie utilisée pour ce faire.

## **CHAPITRE 3. Cadre méthodologique**

Tel qu'énoncé plus haut, le modèle construit par Decaluwé, Patry et Savard (1998) sert de modèle de base, auquel différentes modifications ont été apportées. Nous ferons référence au modèle DPS dans le reste du mémoire. Les principales modifications concernent les régions modélisées, la taxation du modèle et la décomposition des branches agricoles. Ces modifications sont abordées dans la prochaine section.

### **A. Modifications au modèle de base**

#### **1. Régions modélisées**

La première modification concerne les régions modélisées. En effet, le modèle DPS comporte deux régions, le nord et le sud, afin de représenter les caractéristiques hydrauliques du Maroc, soit un nord pluvieux et un sud aride. Les deux régions du modèle DPS ne représentent cependant pas les frontières naturelles de la ressource, ce qui rend plus difficile la représentation précise des caractéristiques hydrologiques. De plus, la gestion de l'eau au Maroc est décentralisée par bassins versants depuis la nouvelle loi sur l'eau instaurée en 1995. De cette façon, les caractéristiques concernant la gestion de la ressource, telle la tarification, sont divisées par bassin versant, ce qui ne pouvait être capté dans le modèle DPS. Face à ce constat, les régions utilisées pour ce modèle ont été ajusté afin de se conformer aux bassins versants marocains, frontières naturelles de la ressource. En basant les régions modélisées sur les bassins versants, les

caractéristiques hydrologiques de chaque région sont non seulement captées de façon plus précise, mais les résultats se rapprochent davantage de la gestion pratique de la ressource. De cette façon, les huit bassins versants marocains (FAO, 2005) ont été regroupés en quatre régions, chacune des régions comprenant un seul, deux ou trois bassins versants. Le regroupement de différents bassins au sein d'une même région a été décidé selon deux critères. D'abord, l'identification de caractéristiques similaires concernant l'hydrographie dans des bassins différents situés à proximité entraîne le regroupement de ces bassins versants. Ensuite, l'identification d'ouvrages de transferts d'eau entre deux bassins adjacents entraîne le regroupement de ces bassins. Les quatre régions ainsi créées sont nommées Nord-est, Nord-ouest, Sud-est et Sud-ouest selon leurs positions respectives à l'intérieur du pays.

La région nord-ouest regroupe les bassins versants Loukkos, Sebou et Bouregreg (une carte des bassins et un tableau des régions sont présentés en annexe E). Les bassins de cette région possèdent un stock en eau de surface abondant mais une quantité d'eaux souterraines relativement restreinte (FAO, 2005). L'abondance des ressources en eaux de surface sur ce territoire entraîne une présence importante de barrages (Royaume du Maroc, Secrétariat d'État auprès du Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, 2004) et un faible taux de mobilisation des nappes phréatiques (FAO, 2005). La deuxième région, celle du nord-est, est composée du bassin versant Moulouya, un bassin présentant une quantité d'eau de surface et d'eau souterraine plutôt faible (FAO, 2005). La troisième région, celle du sud-est, regroupe les bassins versants voisins Oum Rbîaa et Tensift. Le bassin versant Oum Rbîaa étant bien pourvu en eaux

de surface, contrairement au Tensift, des transferts d'eaux ont cours entre ces deux bassins (FAO, 2005), expliquant leur regroupement au sein d'une même région. Cette région est caractérisée par une forte présence d'agriculture irriguée. Ainsi, malgré les eaux de surface et souterraines abondantes du bassin Oum Rbîaa, la région se trouve en déficit structurel et mobilise présentement 110% des volumes mobilisables d'eau issue des nappes phréatiques (FAO, 2005). Finalement, la région sud-ouest, regroupant les bassins Souss-Massa et Sud-Atlasiques, regroupe deux bassins versants arides présentant peu d'eau de surface mais des réserves d'eaux souterraines. Ainsi, les deux bassins versants composant la région sud-ouest sont actuellement aux prises avec une importante surexploitation des nappes phréatiques pour répondre à la demande (FAO, 2005). En effet, le taux d'exploitation des nappes frôle le 180% dans le Souss-Massa et le 115% dans le Sud-Atlasiques (FAO, 2005).

## **2. Taxation**

La deuxième modification au modèle concerne la taxation. Dans le modèle DPS, une seule taxe est modélisée, soit une taxe à la production. Or, cette taxe n'existe pas dans le Maroc actuel. Les deux taxes retrouvées dans la matrice de comptabilité sociale 2003, utilisée pour le modèle, sont une taxe de vente sur les produits et une taxe sur la valeur ajoutée. Afin de prendre en compte ces types de taxation, la taxe sur la production a été supprimée du modèle et remplacée par une taxe sur les produits. De cette façon, ce ne sont plus les producteurs qui supportent le poids d'une taxe dans le modèle mais les consommateurs locaux, et ce non seulement pour les biens produits localement mais

aussi pour les biens importés. En effet, une taxe à la production s'applique seulement sur les biens produits localement, alors que la taxe sur les produits s'applique sur l'ensemble des biens vendus au pays. La taxe sur la valeur ajoutée, pour sa part, a été modifiée à même la matrice de comptabilité sociale. En effet, cette dernière taxe est d'une importance moindre en valeur et ne touche que 6 des 32 secteurs concernés dans le modèle. Étant donné son caractère plus marginal, la valeur de cette taxe a donc été incluse dans la taxe sur les produits à même les données, et se retrouve ainsi dans le modèle sous la forme d'une taxe sur les produits. Les équations concernant la taxation se trouvent en annexe A. Plus précisément, les équations 75 à 78 déterminent la valeur de la taxe sur les produits, alors que les équations 92 et 93 appliquent le taux de taxe sur les biens importés et locaux. Finalement, les équations 97 et 98 ont été amputées de l'ancien taux de taxe grevant la production.

### **3. Décomposition de la production agricole**

La troisième modification concerne les catégories de biens agricoles. En effet, dans le modèle DPS, quatre produits agricoles sont modélisés, soit les céréales, les agrumes, l'agriculture maraîchère et un produit nommé autre, qui agrège l'ensemble de la production agricole restante. Pour ce mémoire, les catégories de biens agricoles sélectionnées sont les suivantes : céréales, légumineuses alimentaires, agriculture maraîchère, arboriculture, oléagineux, cultures sucrières et production animale. Ces catégories ont été sélectionnées puisqu'elles sont celles utilisées par le Ministère de l'Agriculture du Royaume du Maroc pour la réalisation annuelle des documents sur la

Situation de l'Agriculture Marocaine (SAM) (Royaume du Maroc-SAM 2003). La sélection de ces catégories permet de représenter de façon plus fidèle l'ensemble des branches agricoles du pays et d'observer de façon plus précise les effets potentiels des changements des prix de l'eau sur les différentes cultures marocaines, selon les caractéristiques de ces dernières.

Les modifications concernant les régions modélisées, la taxation et les branches agricoles étant maintenant présentées, la prochaine section décrit la structure du modèle dans un contexte plus étendu et présente ses caractéristiques principales. Certaines précisions concernant l'actualisation du modèle sont aussi présentées, notamment concernant la technologie de production de l'eau.

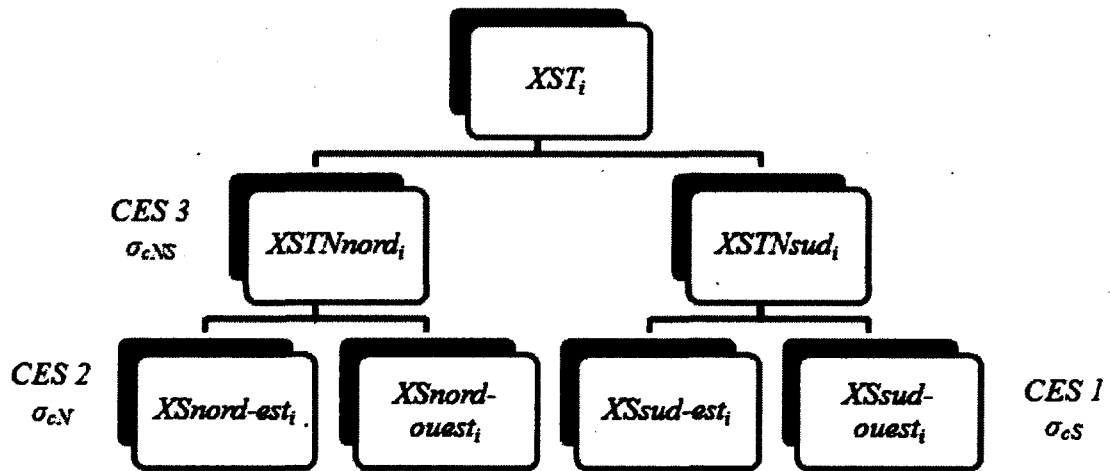
## **B. Le modèle macroéconomique de base**

Tel que dans le modèle original, notre modèle compte quatre catégories d'agents, soit un ménage, une firme, l'État et le reste du monde. La fonction d'utilité du ménage est une fonction de type *Linear Expenditure System* afin de permettre une consommation minimale nécessaire à la subsistance.

La production est divisée par régions. En effet, dans chacune des régions, des branches de production similaires desservent un seul marché national. Chaque bien est donc produit par quatre branches distinctes. Les agents et les branches de production consomment les biens agrégés sur le marché national, excepté dans le cas de l'eau, où

chaque région ne consomme que l'eau produite dans sa propre région. Cette caractéristique est importante car elle permet d'apposer des prix différents pour les produits hydriques selon les régions, ce qui représente bien la réalité marocaine, où les prix de l'eau diffèrent selon l'agence de bassin régionale.

Pour l'ensemble des biens agrégés au niveau national, des fonctions à élasticité de substitution constante (CES) sont utilisées pour l'agrégation. Ces fonctions vont regrouper les productions  $XS_i$  des quatre branches régionales en production intermédiaires  $XSTN_i$ , puis en production totale  $XST_i$  tel qu'illustré à la Figure 1. Afin de permettre une telle représentation régionale, la régionalisation est effectuée au niveau des données, à même la matrice de comptabilité sociale, tel que présenté ultérieurement à la section D.



**Figure 1. Production d'un bien  $i$**

Les valeurs des élasticités  $\sigma_{cNS}$ ,  $\sigma_{cN}$  et  $\sigma_{cS}$  sont présentées en annexe D.



On dénombre trente branches de production dans le modèle, catégorisées en quatre grands groupes, soit agriculture (sept catégories de biens agricoles produits dans quatre régions distinctes), industrie (deux biens industriels produit dans quatre régions distinctes), eau (une branche productrice d'eau par région) et services (une branche nationale pour les services marchands et une branche nationale pour les services non-marchand). Finalement, il existe deux biens industriels dans le modèle, de façon à départager l'industrie des fertilisants des autres biens industriels. Cette division permet de capter les substitutions entre l'eau agricole et les fertilisants, une substitution présente dans les fonctions de production agricoles du modèle. L'ensemble des branches de production est présenté en annexe B.

Les facteurs de production utilisés sont le travail, le capital industriel, le capital agricole, un capital fixe et la terre. Le capital industriel et le capital agricole ne sont mobiles qu'à l'intérieur de leur secteur respectif alors que le travail est mobile entre les différentes branches de production. Le capital fixe est utilisé dans la modélisation de la production d'eau. Ce capital représente les barrages situés sur les rivières marocaines, utilisés pour mobiliser l'eau qui s'y écoule. Finalement, la terre est spécifique à chacune des branches agricoles.

Pour l'ensemble des branches engendrant des biens marchands, la main d'œuvre et le capital sont substituables dans la valeur ajoutée selon une relation Cobb-Douglas à rendements d'échelle constants. Les producteurs minimisent leurs coûts de production à partir de cette relation Cobb-Douglas. Il existe une parfaite complémentarité à élasticité

de substitution technique nulle entre la valeur ajoutée  $Va_{ind}$  et les consommations intermédiaires totales  $Cit_{ind}$ . Les consommations intermédiaires totales sont composées des intrants provenant de l'agriculture ( $Ciai_{ind}$ ) et de l'eau ( $Ciei_{ind}$ ), reliés ensemble par une CES. L'ensemble composé de ces deux intrants,  $Ciae_{ind}$ , est ensuite relié par une CES aux intrants intermédiaires provenant de l'industrie,  $Ciii_{ind}$ , et l'intrant composite  $Cic_{ind}$  alors créé est relié aux consommations intermédiaires de services par une Leontief, tel qu'illustré à la figure 2. Les équations se rattachant à la production de ces branches se retrouvent à l'annexe A, équations 9 à 13, 36 à 39 et 42 à 49.

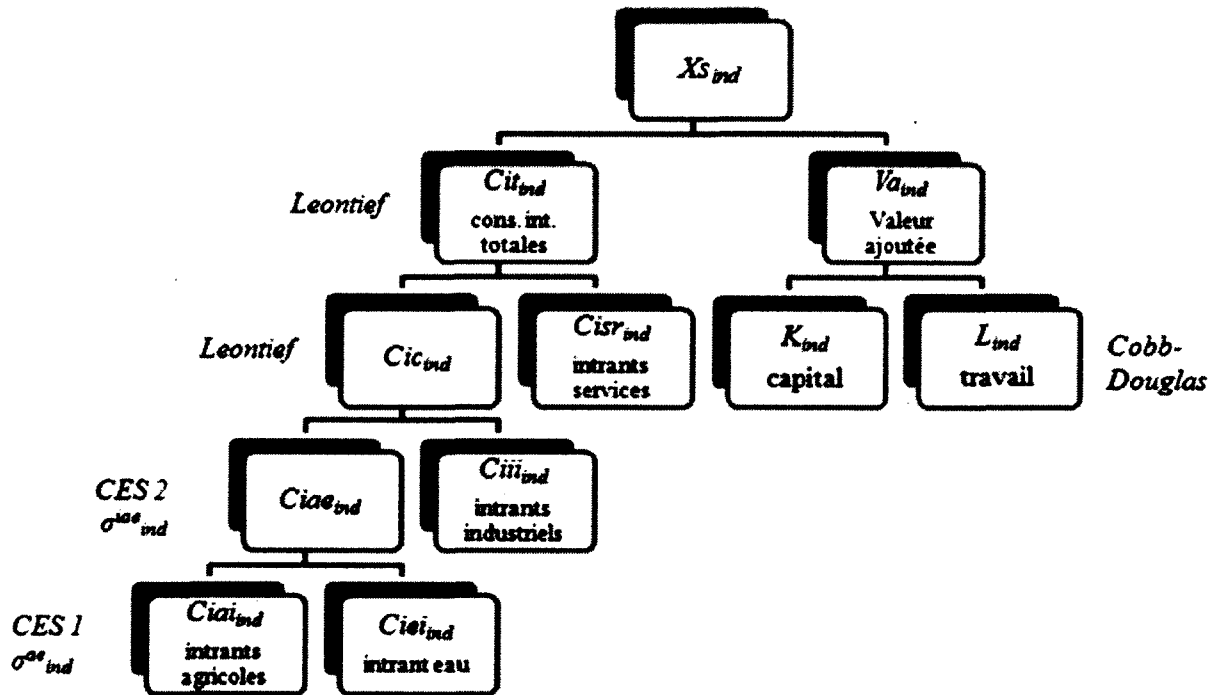


Figure 2. Structure de production des branches industrielles

Les valeurs des élasticités  $\sigma^{jae}_{ind}$  et  $\sigma^{ae}_{ind}$  sont présentées en annexe D.

Les branches agricoles étant d'un intérêt capital dans cette étude, le modèle aborde la production agricole de façon précise afin de capter les relations entre l'eau, les facteurs de production et certaines consommations intermédiaires. Une fonction à élasticité de substitution constante emboîtée à plusieurs niveaux est ainsi utilisée pour représenter la production agricole. Le choix de cette fonction permet la substitution entre les différents facteurs de production et les consommations intermédiaires à différents stades dans la production à l'intérieur du modèle, tel que présenté à la figure 3.

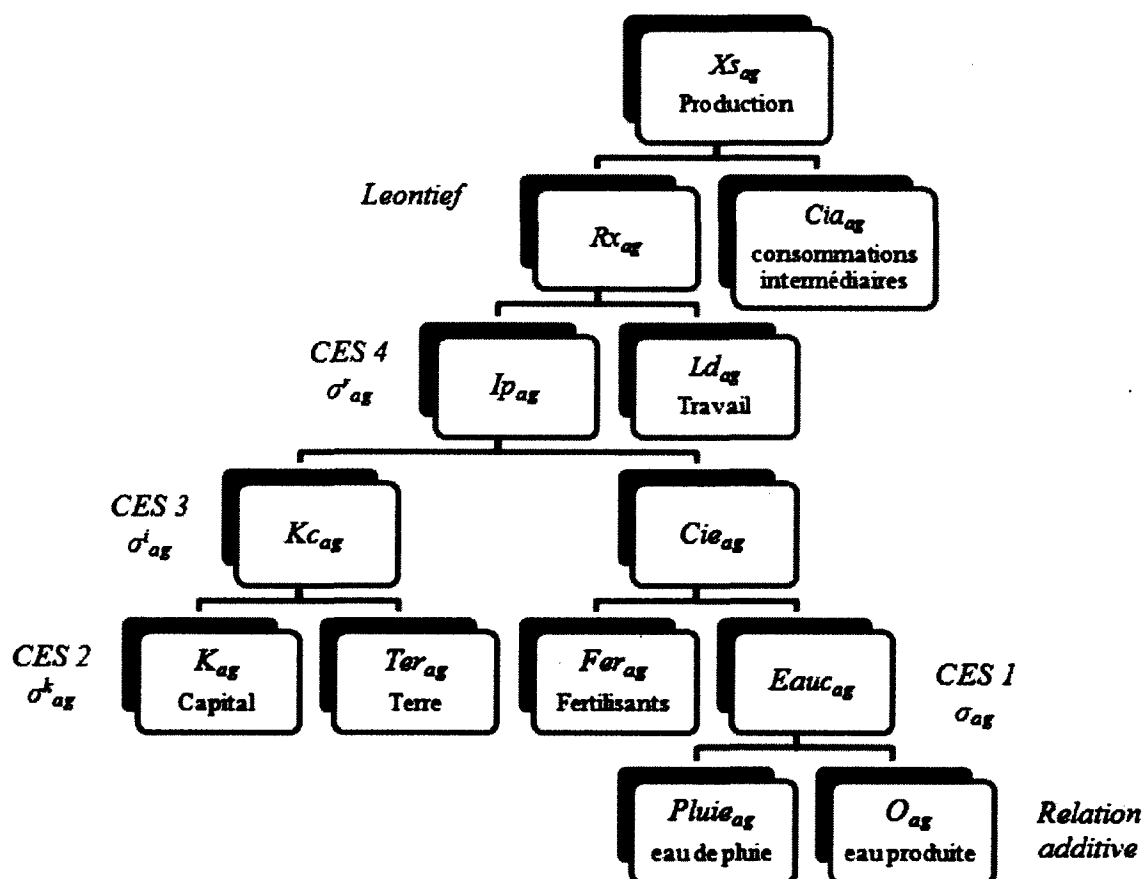


Figure 3. Structure de la production agricole

Au niveau inférieur du diagramme, on retrouve la relation entre l'eau de pluie ( $Pluie_{ag}$ ) et l'eau d'irrigation  $O_{ag}$ , deux éléments parfaitement substituables, reliés ensemble par une fonction additive. L'agrégat  $Eauc$  est ainsi formé par deux formes de la ressource eau, possédant chacune leur prix respectif. Ainsi, si l'eau de pluie diminue, l'agriculteur doit compenser en utilisant davantage d'eau produite. Cependant, si la pluviosité augmente, l'agriculteur diminue son apport d'eau produite et utilise l'eau de pluie. En effet, l'eau de pluie est une variable exogène dans le modèle, c'est la variable *eau produite*, dont la technologie de production est présentée dans le prochain point, qui s'ajuste pour répondre à la demande d'eau. Comme le prix de la pluie est fixé à 0 dans le modèle et le prix de l'eau produite est fixé par l'entreprise publique assurant la distribution de l'eau, qui varie selon les régions, le prix de l'eau consommée  $Eauc$  est une variable endogène variant selon les prix fixés par l'entreprise publique et la pluviométrie.

Ensuite, la relation entre le capital  $K$  et la terre  $Ter$  forme l'agrégat  $Kc$  sous une forme fonctionnelle CES alors que l'agrégat  $Eauc$  et les fertilisants  $Fer$  forment l'agrégat  $Cie$ , encore sous la forme CES. La même forme fonctionnelle CES permet ensuite la relation entre l'agrégat  $Ip$ , formé par  $Cie$  et  $Kc$ , et le travail  $Ld$ . Finalement, une structure à la Leontief lie ce dernier agrégat  $Rx$  avec les consommations intermédiaires  $Cia$ . L'ensemble de cette CES emboîtée, utilisée dans Decaluwé, Patry et Savard (1998), permet qu'un choc perturbant la consommation d'eau d'irrigation peut se répercuter sur la terre, le capital, le travail et les fertilisants via les élasticités des trois premiers niveaux de façon à capter les effets d'équilibre général entraînés par une

variation du prix de l'eau d'irrigation. Les valeurs des élasticités ont été choisies selon Decaluwé, Patry et Savard (1998), qui les avaient adoptés suite à une revue de littérature (Ali et Parikh. (1992), Binswanger (1974), Debertain *et al.* (1990) et Ray (1982)) et sont présentées en annexe D. Les équations se rattachant à la production agricole sont présentées en annexe A, équations 14 à 24.

Le commerce extérieur est modélisé de façon standard dans le modèle. La demande d'importation respecte l'hypothèse d'Armington (1969), ce qui signifie que la substitution est imparfaite entre le produit domestique et le produit importé, et cette substitution est captée par une fonction de type CES. Aussi, la demande d'exportation découle des conditions d'optimalité d'une fonction de type *Constant Elasticity of Transformation* (CET) entre le produit domestique et le produit exporté. L'hypothèse du petit pays ouvert étant posée, les prix mondiaux des biens importés et exportés sont exogènes et fixés par le reste du monde. Les équations concernant le commerce extérieur sont présentées en annexe A, équations 122 à 128.

La fermeture du modèle est de type classique et est réalisée en fixant la dotation en main d'œuvre, en capital industriel, en capital agricole et en capital utilisé par les barrages. La terre est spécifique à chaque branche de production agricole et le taux de change, les transferts ainsi que la consommation de l'État sont fixes. Finalement, les redevances sur l'eau sont exogènes, fixés par l'État. Un tableau des variables exogènes est présenté en annexe C, tableau 32.

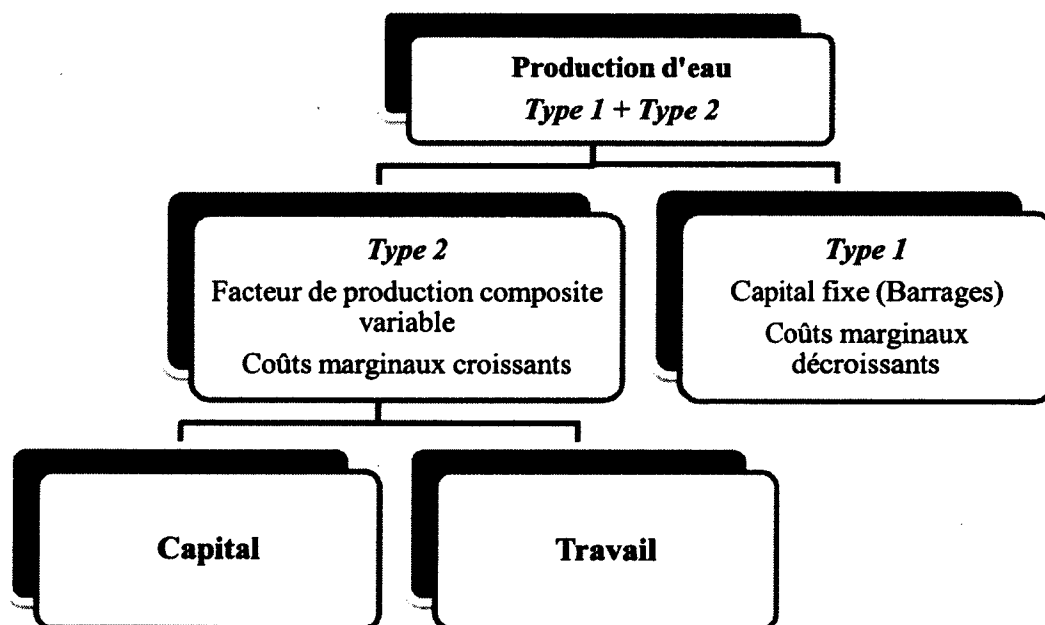
### **C. Technologie de production de l'eau**

Au Maroc, la production de l'eau se fait principalement par l'exploitation de barrages qui récupèrent les eaux de surfaces, puis dans un deuxième temps par l'exploitation des eaux souterraines. En effet, pour l'année de référence 2003, 80% de l'eau d'irrigation au pays provient de l'eau de surface, alors que 20% provient de l'eau souterraine (Royaume du Maroc, Ministère de l'Aménagement du territoire, de l'Eau et de l'Environnement, 2004). Par ailleurs, lors de sécheresses, ou dans les régions plus arides, l'exploitation des eaux souterraines peut devenir relativement plus importante que celle des barrages. Afin d'intégrer cette caractéristique au modèle, deux stades de production d'eau sont distingués, *type I* et *type II*.

Le premier type de production, *type I*, correspond aux eaux de surfaces récupérées par les barrages en place. Il s'agit donc des eaux captées par l'ensemble des barrages installées sur les rivières du pays et représente la majorité de la production d'eau sur le territoire marocain. Ce premier stade de production utilise un capital fixe (les barrages en place), le coût total de production est fixe et l'eau est produite à coût marginal décroissant sur l'ensemble de la production, en raison de la répartition du coût fixe sur une quantité d'eau produite croissante.

Le deuxième type de production, *type II*, génère une production d'eau possible grâce à la mise en œuvre de facteurs de production. En d'autres termes, on suppose qu'en utilisant un facteur de production composite, regroupant un facteur capital et un facteur

travail utilisés en proportion fixe, il est possible de produire un volume d'eau additionnel. Contrairement au premier type de production, ce deuxième type présente des coûts marginaux croissants. En effet, la production d'eau *type II* consiste en l'exploitation des nappes d'eaux souterraines. Les eaux souterraines sont exploitées par la mise en fonction de pompes, l'installation de nouvelles pompes ou le creusement de nouveaux puits. Ainsi, l'augmentation continue de la quantité d'eau pompée nécessite l'atteinte de la ressource à des profondeurs toujours plus importantes et plus difficile d'accès, faisant invariablement augmenter les coûts marginaux. De cette façon, la production d'eau *type II* présente une productivité marginale décroissante et des coûts marginaux croissants. L'arbre de production de l'eau peut être représenté ainsi :



**Figure 4. Structure de production de l'eau**

Tel qu'énoncé plus haut, la variabilité climatique est importante au Maroc. Ainsi, un bilan global de la situation hydrique ne peut fournir un aperçu réaliste de la situation. Les productions d'eau sont ainsi calculées pour chacune des quatre régions, selon les caractéristiques hydrographiques de ces dernières. Les différentes caractéristiques des régions qui sont prises en compte sont: la pluviométrie, qui régénère les stocks, la capacité maximale de production pour une période donnée et la capacité relative de chaque source en eau (barrages versus eaux souterraines). Ainsi, la modélisation de la production d'eau *type I* est représentée par l'équation (1). L'ensemble des équations relatives à la production de l'eau se trouvent aussi en annexe A, équations 1 à 8.

$$Eb = \chi \bar{K}^\mu + \eta \text{ pluie} \quad (1)$$

La première partie de l'équation est une Cobb-Douglas à un facteur, où  $\chi$  est le paramètre d'échelle,  $\bar{K}$  est le capital fixe en place et  $\mu$  est le paramètre de Cobb-Douglas, égal à 1 en raison des rendements constants du facteur capital fixe. Le deuxième terme représente la part de la pluie dans la production;  $\eta$  représente la part de la pluie qui augmente le niveau d'eau des barrages existants par rapport aux conditions normales, et *pluie* est une variable exogène représentant la pluviométrie. Comme le capital fixe en place est aussi exogène, l'ensemble de l'eau de barrage *Eb* est exogène au modèle, déterminé selon la pluviosité et les barrages en place à l'année de référence au Maroc. Ainsi, l'eau de barrage *Eb* est toujours consommée entièrement dans le



modèle, ce qui correspond à la situation du pays, et c'est l'eau de *type II* qui s'ajuste pour combler la demande restante.

Afin de modéliser la production d'eau, des fonctions de type Weibull sont utilisées, ces fonctions possédant une forme asymétrique en S permettant de représenter une productivité marginale variable. De cette façon, les fonctions Weibull permettent de représenter une productivité marginale d'abord croissante, lorsque la production par barrage est prépondérante, puis décroissante, lorsque la production souterraine devient plus importante. La fonction Weibull est par ailleurs plus flexible que la fonction logistique puisqu'elle permet de considérer un point d'inflexion différent de 50% de l'asymptote, de façon à bien représenter le moment où les coûts marginaux deviennent croissants, selon les caractéristiques des régions. De cette façon,

$$Wat = \psi \left( 1 - e^{-\left(\frac{KI}{\phi}\right)^\delta} \right) \quad (2)$$

où  $\psi$  représente l'asymptote de la fonction, soit la disponibilité maximale pour l'eau:

$$\psi = \varpi + \rho \text{ pluie} \quad (3)$$

où  $\varpi$  est la disponibilité maximale de la ressource en période normale,  $\rho$  la part de la pluie qui régénère les stocks d'eau souterraine exploitables et pluie est la variable exogène représentant la pluviométrie.  $KI$  est le facteur de production composite

regroupant le capital et le travail nécessaire à la production. Finalement, les paramètres  $\delta$  et  $\phi$  représentent la capacité technologique et déterminent la forme de la fonction.

Afin de calibrer ces équations, différentes informations sont utilisées. D'abord, le capital fixe composant les barrages a dû être départagé du capital total destiné à la production d'eau par région, qui est une information connue (voir Description du cadre comptable, section 6.5.3). Pour ce faire, des parts d'eau souterraine et d'eau de barrage produites par région sont calculées. En effet, le total d'eau produite par région est connu (voir Description du cadre comptable, section 6.5.3), ainsi que le total d'eau souterraine mobilisée par région (FAO, 2005). De cette façon, les parts d'eau de barrage et d'eau souterraine utilisées par région peuvent être calculées. Ces parts sont ensuite apposées sur le capital total destiné à la production d'eau par région afin de séparer la part du capital fixe (composant les barrages) de celui utilisé pour mobiliser l'eau souterraine. Par exemple, la région nord-est, qui représente le bassin versant Moulouya, tire 60% de son eau de l'eau de barrage, et 40% de l'exploitation souterraine (FAO, 2005). Ainsi, 60% du capital total destiné à la production de l'eau dans la région Nord-est constitue le capital fixe pour cette région. Cette méthode a été retenue malgré l'hypothèse simplificatrice qu'elle entraîne, soit une utilisation identique du capital pour les deux types de production, dû au manque d'information plus précise sur le sujet.

Ensuite, la répartition des cumuls pluviométriques par région agricole est une information disponible dans Royaume du Maroc-SAM (2003) et la valeur représentant la part de la pluie régénérant les stocks d'eau souterraine est tirée du modèle de base de

Decaluwé, Patry et Savard (1998). Or, pour des raisons de cohérence, nous avons supposé que l'année de référence du modèle (2003), correspond à la normale en termes de précipitations. De cette façon, la variable *pluie* est nulle à l'année de référence, et des variations par rapport à cette année de référence peuvent être ajoutées en simulation. Deux tableaux présentant les conditions pluviométriques de l'année de référence et sa situation par rapport aux conditions pluviométriques normales du pays sont présentés en annexe F, tableaux 34 et 35. La calibration de l'équation (1) est ainsi complétée.

Pour la calibration des équations (2) et (3), le capital nécessaire à la production d'eau de type *II* est dégagé de la même façon que le capital fixe, c'est-à-dire en utilisant les parts d'eau souterraine et d'eau de barrage utilisés par région. Le facteur travail dédié à la production de l'eau dans la matrice de comptabilité sociale est ensuite additionné à ce capital pour former le facteur composite *Kl*. Ensuite, la quantité d'eau souterraine produite par région pour l'année de référence est connue.

Ces données amassées, une dernière équation est utilisée afin de calibrer le système, soit une équation obtenue à partir de la condition de second ordre de la fonction de production d'eau *Wat* :

$$\Phi - Kl^{inflex} \left( \frac{\delta}{\delta-1} \right)^{1/\delta} = 0 \quad (4)$$

$Kl^{inflex}$  représente la quantité du facteur composite utilisé au point d'inflexion de la fonction Weibull, c'est-à-dire le moment où la production d'eau souterraine devient

prédominante. Ces valeurs, une par région, varient selon la disponibilité et l'accessibilité des ressources en eau dans chaque région et ont été choisies en favorisant la comparaison des régions entre-elles. En effet, plus l'eau souterraine est importante, plus les coûts marginaux décroissants reliés à la production par barrage d'estompent rapidement lors de la mise en œuvre des facteurs de production, pour laisser place à une production d'eau souterraine prédominante, présentant des coûts marginaux croissants. De cette façon,  $Kl^{inflex}$  se manifeste plus rapidement dans les régions présentant un plus fort pourcentage de leur eau sous forme souterraine. Pour prendre en compte cette caractéristique, le capital total  $Kl$  à la situation de référence a été multiplié par un taux variable selon les régions, déterminant  $Kl^{inflex}$ . Ce taux est plus élevé si la production par barrage est plus importante, de façon à déterminer un point d'inflexion plus éloigné de l'origine, tel que présenté dans les tableaux 1 et 2. Les chiffres concernant l'eau souterraine sont tirés de FAO (2005) et ceux concernant l'eau de barrage sont tirés de Royaume du Maroc-SAM (2003).

Régions modèle	eau souterraine	eau barrage	total eau	part eau souterraine	part eau barrage
Nord-est	319	483	802	40%	60%
Nord-ouest	729	1485	2214	33%	67%
Sud-est	872	2423	3296	26%	74%
Sud-ouest	1245	408	1654	75%	25%

**Tableau 1. Eau souterraine et eau de surface par région**

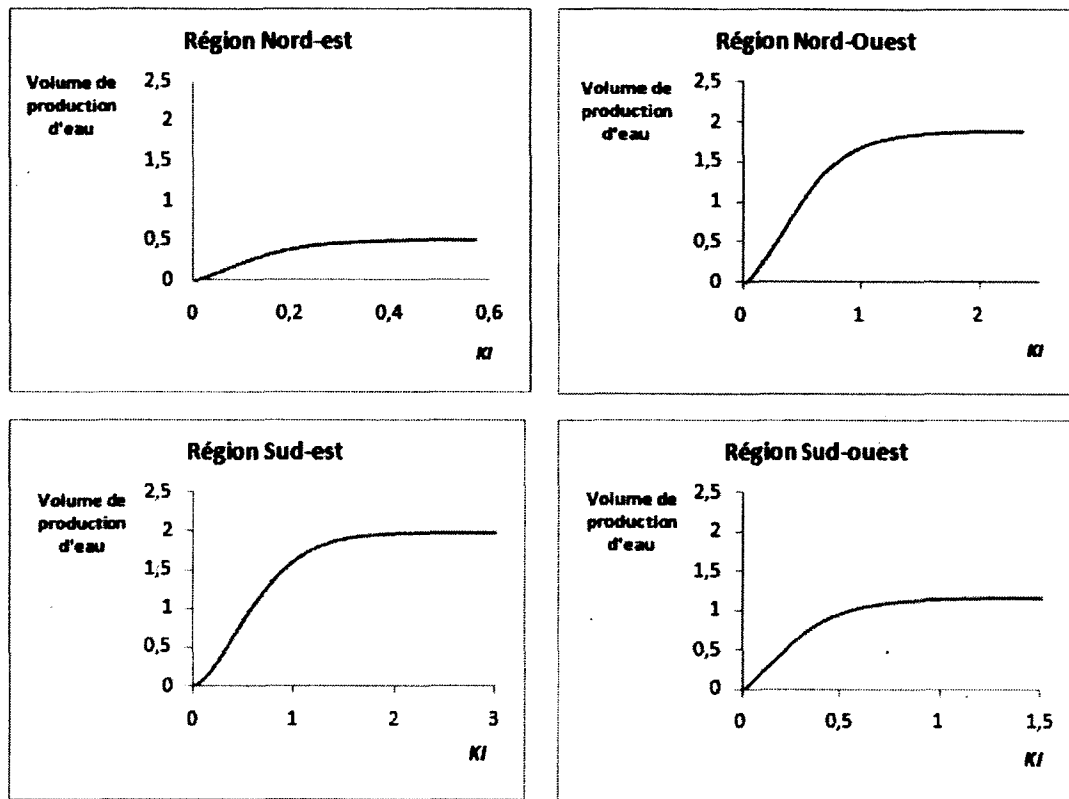
Régions modèle	$KI$	taux	$KI^{inflex}$	$\delta$
Nord-est	440	0,25	110	1,4
Nord-ouest	1635	0,30	491	1,5
Sud-est	1457	0,45	656	1,6
Sud-ouest	946	0,20	189	1,3

**Tableau 2. Paramètres  $KI^{inflex}$  et  $\delta$  par région**

Le paramètre  $\delta$  représente pour sa part à quel moment, par rapport à l'ordonnée, le point d'inflexion se manifeste. Si  $\delta$  est égal à 2,28, la fonction est symétrique, c'est-à-dire que le point d'inflexion est atteint à 50% de l'ordonnée, ou encore que les rendements décroissants sont atteints lorsque la moitié de la production d'eau souterraine est générée. Si  $\delta$  est égal à 1, la fonction devient exponentielle. Si  $\delta$  est plus grand que 2,28, le point d'inflexion apparaît à plus de 50% de l'ordonnée, et si  $\delta$  se situe entre 1 et 2,28, le point d'inflexion est atteint à moins de 50% de l'ordonnée. Les valeurs du paramètre  $\delta$  sont choisies par région selon les informations recueillis sur l'accessibilité des ressources d'eau souterraines et les valeurs ont été déterminé en favorisant la comparaison des régions entre-elles. De cette façon, la région sud-ouest présente le paramètre  $\delta$  le plus faible, indiquant une eau plus difficile à mobiliser que dans les autres régions. En effet, la région surexploite fortement ses nappes phréatiques et les problèmes environnementaux sont davantage présents dans cette région, affectant la facilité d'exploitation de la ressource. Les paramètres  $\delta$  pour chacune des régions sont présentés au tableau 1.

Les valeurs de  $Kl^{inflex}$  et  $\delta$  fixées, le paramètre  $\Phi$  est calculé selon l'équation (4), puis la valeur de l'asymptote  $\psi$  est calculée selon l'équation (3).

Cette méthode de calibration, utilisée par Decaluwé, Patry et Savard (1998) dans le modèle de base, entraîne donc la détermination de l'asymptote de la Weibull par le modèle, selon les paramètres choisis précédemment, plutôt que de fixer l'asymptote selon les disponibilités d'eaux souterraines par région. Elle permet cependant la vérification, à la fin de la calibration, de l'asymptote calculée par le modèle pour l'année de référence avec les données nationales. Cette vérification, nous a permis de conclure que les régions sont bien représentées entre-elles, tel qu'illustré à la figure 5.



**Figure 5. Production d'eau**

Tel qu'illustré, la région nord-est est la région la plus pauvre en eau, avec des rendements décroissants rapidement atteints en raison de la présence importante de nappes d'eau souterraines sur son territoire. La région nord-ouest, mieux pourvue en eaux, présente une part d'eau souterraine dans sa production plus importante que la région sud-est, expliquant pourquoi la région sud-est présente des rendements croissants pour une période plus importante que la région nord-ouest. Finalement, la région sud-

ouest présente un bon niveau d'eaux souterraines, principalement sous forme de nappes phréatiques mais peu d'eau de barrages<sup>1</sup>.

Concernant les coûts de production de la ressource, le coût total de production pour les deux types de production confondus, est :

$$CT = \bar{r} \bar{K} + P_{kl} Kl \quad (5)$$

où  $\bar{r}$  représente le rendement des barrages installés, soit la rémunération de  $\bar{K}$ , et  $P_{kl}$  le rendement du facteur de production composite, soit la rémunération de  $Kl$ .

On pose l'hypothèse que la société d'État en charge de produire l'eau ne maximise pas son profit total mais ajuste la production d'eau à la demande et choisit en conséquence le volume du facteur composite permettant de réaliser la production. En conséquent, la fonction de demande du facteur composite peut être directement déduite de la fonction (2) :

$$Kl = \phi \log \left( \frac{\psi}{\psi - w_{at}} \right)^{\left( \frac{1}{\delta} \right)} \quad (6)$$

---

<sup>1</sup> Suite à cette vérification, des tests de sensibilité sont effectués, de façon à vérifier l'influence des choix des paramètres  $Kl^{inflex}$  et  $\delta$  sur la stabilité des résultats. Les tests de sensibilité effectués montrent que les résultats de la première simulation sont robustes alors que les résultats de la deuxième simulation sont plus sensibles au choix des paramètres. Ces tests semblent donc démontrer que le modèle est mieux adapté pour la simulation de choc plus restreint, en raison des fonctions utilisées, qui sont non-standards.



Cette fonction, introduite dans (7), donne une fonction de coût total de production d'eau :

$$CT = \bar{r}\bar{K} + Pkl \left( \phi \log \left( \frac{\psi}{\psi - Wat} \right)^{\left(\frac{1}{\delta}\right)} \right) \quad (7)$$

Si on prend la première dérivée de (7) par rapport à la production d'eau et que, selon (1),

$$\bar{K} = \frac{Eb - \eta \text{ pluie}}{\chi}$$

on obtient le coût marginal de la production de l'eau,  $Cm$  :

$$Cm = \bar{r} + \left( \frac{Pkl \phi \log \left( \frac{\psi}{\psi - Wat} \right)^{\left(\frac{1}{\delta}-1\right)}}{\delta(\psi - Wat)} \right) \quad (8)$$

avec  $Cm$  décroissant ou croissant selon la position par rapport aux points d'inflexions sur les graphiques représentés à la Figure 5.

La technologie de production de l'eau termine ainsi la présentation de la structure et des caractéristiques du modèle. La prochaine section est davantage orientée vers les données, et décrit avec précision les différentes étapes effectuées pour l'actualisation des données nationales du modèle, étape importante permettant une représentation plus

actuelle du pays, de façon à déterminer les effets des augmentations de tarification de l'eau agricole dans un contexte actuel.

#### **D. Description du cadre comptable**

Différentes données sont nécessaires pour construire le modèle, notamment une matrice de comptabilité sociale et des données complémentaires servant à augmenter sa précision dans les secteurs visés par ce travail, notamment les secteurs agricoles et le secteur de l'eau. Pour ce mémoire, une matrice de comptabilité sociale (MCS) marocaine de l'année 2003 (Abdelkhalek, 2003) est utilisée comme matrice de base, et les informations complémentaires servant à la modifier sont décrites dans cette présente section. Ces données visent à remplacer les données tirées de la MCS 1985 (Decaluwé, Patry et Savard, 1998) utilisées dans le modèle DPS.

La MCS marocaine 2003 nécessite différentes décompositions et modifications pour respecter la spécification du modèle décrit dans les sections 6.1 et 6.2. D'abord, l'agriculture est présentée sous une seule branche et un seul produit dans la MCS 2003 d'origine alors que le modèle présenté utilise sept branches et sept produits distincts. La division de l'agriculture en sept branches de production et en sept produits distincts est donc réalisée. Ensuite, dans la MCS 2003, chaque branche de production (agriculture, industrie, fertilisant, services marchands, services non marchands) est agrégée à un niveau national alors que, dans notre modèle, quatre branches de production régionales

desservent un seul marché national. Une décomposition régionale de la production constitue ainsi la deuxième modification. La troisième modification concerne l'eau potable. La MCS 2003 contient les valeurs correspondant à la production et la consommation de l'eau potable agrégé avec celles correspondant à l'électricité, ainsi ces valeurs ont dû être désagrégées de façon à inclure l'électricité dans la branche industrielle et de faire ainsi apparaître une branche productrice d'eau potable. Finalement, la MCS 2003 ne présente aucune valeur correspondant à la production de l'eau brute de façon précise. La dernière modification consiste à faire apparaître la branche productrice d'eau brute tout en respectant l'équilibre du cadre comptable de la matrice. Les prochains paragraphes reprennent avec plus de détail l'ensemble des décompositions effectuées.

### **1. Division de l'agriculture**

La division de la branche de production agricole en sept branches distinctes et sept produits distincts, soient céréales, légumineuses alimentaires, cultures sucrières, oléagineux, arboriculture, cultures maraîchères et production animale a été réalisée à l'aide de l'Annuaire Statistique du Maroc 2008 (Royaume du Maroc, Haut Commissariat au plan, 2008) et de la Situation de l'Agriculture Marocaine (SAM) 2003 (Royaume du Maroc-SAM, 2003). Les valeurs à diviser concernent les exportations, les importations, les consommations intermédiaires, la valeur ajoutée, la consommation des ménages, la consommation du gouvernement et l'accumulation.

L'ensemble des données concernant le commerce extérieur ont été prises dans l'Annuaire Statistique du Maroc 2008 et ces dernières ont permis la division des importations et des exportations agricoles. La production en volume pour chacune des sept branches a aussi été extraite de l'Annuaire Statistique, ainsi qu'un prix moyen payé aux producteurs pour chacune des catégories, permettant de retirer une production en valeur utilisée. Cette production en valeur par branche agricole est utilisée pour la décomposition de la valeur ajoutée et des consommations intermédiaires. Finalement, les données concernant l'accumulation ainsi que la consommation des ménages et du gouvernement pour chaque branche a été tirée de Royaume du Maroc-SAM 2003.

## **2. Régionalisation de l'agriculture et de l'industrie**

Dans cette étape, chaque branche de production initiale (céréales, légumineuses alimentaires, cultures sucrières, cultures oléagineuses, arboriculture, production animale, culture maraîchère, industrie, fertilisant, services marchand et services non-marchand) est divisée en quatre branches régionales, de façon à créer des branches productrices céréales nord-est, céréales nord-ouest, céréales sud-est, céréales sud-ouest, légumineuses nord-est, légumineuses nord-ouest, ainsi de suite. Les variables à diviser en quatre branches de production régionales pour chaque branche de production sont : la valeur ajoutée, les consommations intermédiaires et les exportations.

Afin de diviser les sept branches de production agricoles en quatre régions, l'Annuaire Statistique du Maroc 2008 a été utilisé. En effet, la production par province est exposée dans l'Annuaire pour les catégories agricoles suivantes : céréales, légumineuses, cultures sucrières, production animale et cultures oléagineuses. L'agrégation de la production des provinces comprises au sein de chaque région modélisée est effectuée (voir annexe E pour une liste des provinces par région), permettant la division de la valeur ajoutée et des consommations intermédiaires selon la part de production de chaque région. Concernant l'arboriculture, seulement la production d'agrumes par région agricoles est affichée dans l'Annuaire Statistique, ainsi les parts de production d'agrumes par région ont été extrapolées sur l'ensemble de l'arboriculture. Finalement, aucune information régionale n'étant disponible dans l'Annuaire Statistique Marocaine concernant l'agriculture maraîchère, cette branche a été divisée en quatre régions selon la proportion de terres irriguées par région, cette information ayant été tirée d'Aquastat (FAO, 2005). La part de la production par région a aussi été utilisée pour réaliser la division des exportations, entraînant l'hypothèse simplificatrice qu'une région produisant davantage exporte davantage.

La division de la branche industrielle a été effectuée à l'aide du document *Le Maroc des Régions 2008* (Royaume du Maroc, 2009). La part de la production industrielle par région administration est exposée dans ce document et est utilisée pour réaliser la désagrégation de la valeur ajoutée, des consommations intermédiaires et des exportations de la branche en quatre branches correspondant à chacune des régions modélisées (voir l'annexe E pour une liste des régions administratives par région).

La division de la branche productrice de fertilisant a été faite à partir du nombre d'usines productrices ainsi que leur emplacement (Société marocaine des fertilisants, 2002). La division par région est ainsi basée sur le nombre d'usine par région, posant l'hypothèse simplificatrice que chacune de ces usines produit une quantité similaire de produits.

### **3. Division et régionalisation du secteur de l'eau**

Les valeurs correspondant à l'eau potable et à l'électricité sont agrégés dans la MCS originale 2003 et ont dû être divisées de façon à faire apparaître des branches productrices d'eau. Les valeurs correspondant à l'électricité sont, pour leur part, additionnées dans l'industrie. L'hypothèse que les branches agricoles ne consomment pas d'eau potable mais seulement de l'eau brute est posée, ainsi les valeurs à diviser concerne la valeur ajoutée, la consommation des ménages et la consommation industrielle. La valeur ajoutée de la branche eau potable a été retirée de l'agrégat en utilisant les valeurs de la valeur ajoutée et de l'excédent brut d'exploitation retrouvées dans les rapports financiers des deux compagnies d'État assurant la gestion de l'électricité (Office National de l'Électricité) et la gestion de l'eau potable (Office National de l'Eau Potable) (Royaume du Maroc, 2010). La consommation des ménages en volume d'eau potable a été retrouvée dans l'Annuaire statistique du Maroc 2008, ainsi que les prix appliqués à chacune des régions du pays. Une valeur associée à la consommation d'eau potable des ménages est ainsi construite et utilisée pour diviser

l'agrégat de la MCS 2003. Un processus similaire est réalisé pour l'industrie, les volumes d'électricité utilisés par l'industrie et les prix associés sont trouvés dans l'Annuaire statistique du Maroc 2008, ainsi la valeur associée à l'eau peut être retrouvée par soustraction. Les valeurs ainsi retrouvées sont des valeurs nationales. La division régionale de l'eau pour les ménages et l'industrie est donc effectuée sur ces valeurs agrégées en s'appuyant sur les ressources d'eau exploitables par bassins versants, selon la FAO, enquête Aquastat 2005. L'hypothèse sous cette division régionale est donc que les régions ayant des ressources exploitables plus importantes possèdent un stock d'eau plus élevé, en valeur, pour les industries et les ménages sur son territoire

Concernant l'eau brute destinée à l'usage agricole, la MCS 2003 ne contient aucune valeur. Les valeurs à insérer dans la matrice tout en conservant l'équilibre du cadre comptable concernent le travail et le capital ainsi que les valeurs consommées du produit eau par les branches de production agricoles. Pour ce faire, les volumes et les valeurs d'eau produite par région sont d'abord retracés. Ensuite, la division par culture a été réalisée.

Concernant la division régionale, cette dernière est effectuée en utilisant des informations comprises dans la Situation sur l'Agriculture Marocaine (Royaume du Maroc-SAM 2003) ainsi que dans l'enquête Aquastat 2005 (FAO, 2005). Les quantités d'eau de surface régularisée pour l'agriculture par la grande irrigation par régions sont retrouvées dans Royaume du Maroc-SAM 2003, et les quantités mobilisées d'eau souterraine par régions sont présentées dans l'enquête Aquastat (FAO, 2005).

L'ensemble a été agrégé par bassin versant, ce qui donne un volume de production d'eau brute par bassin versant. Pour convertir ce volume en valeur, les prix de l'eau agricole ont été tirés de Belghiti (2004) et correspondent aux prix appliqués par les Organismes Régionaux de Mise en Valeur Agricole (ORMVA), et non par les agences de bassins. Les prix ont été alloués aux bassins versants correspondants, en pondérant selon le volume produit pour chaque prix lorsque plusieurs ORMVA se retrouvent au sein d'un même bassin. Cette opération fournit l'eau produite en valeur pour chaque bassin versant, permettant la réagrégation en régions modélisées. L'eau destinée à l'agriculture pour chaque région est ensuite additionnée à l'eau industrielle et ménagère de la région correspondante afin de constituer une seule branche de production d'eau par région.

Ensuite, pour la division par culture, les superficies cultivées par type de culture en 2003-04 selon l'Annuaire statistique du Maroc 2008 et Royaume du Maroc-SAM 2003 sont utilisées pour créer des parts de consommation d'eau par culture. Cela implique l'hypothèse simplificatrice que chaque superficie est irriguée au même débit, peu importe la culture qui s'y trouve. En utilisant les parts de consommation d'eau par culture et en les multipliant par la part de production de chaque culture dans chaque région, nous obtenons une valeur d'eau brute par culture par région. Or, ces valeurs doivent se superposer sur celles trouvées précédemment, c'est-à-dire que l'addition des valeurs d'eau pour l'ensemble des cultures d'une même région doit être égale à la valeur pour la région, trouvées lors de la division régionale. Or, ceci ne se produit pas, car cette dernière méthode présente un biais non présent pour la première méthode. En effet, en utilisant simplement les parts de consommation par culture, l'effet du prix retrouvé



dans la première méthode est annulé. En d'autres mots, cette dernière désagrégation est sous forme de volume plutôt que sous forme de valeur. Pour remédier à cette situation, les valeurs obtenues pour les consommations intermédiaires d'eau brute sont réajustées avec les prix, en redistribuant les différences entre les deux méthodes. Afin de clarifier ce point, prenons un exemple avec seulement deux régions, soit le nord-ouest et le sud-ouest et deux produits, soit les grains et l'arboriculture. Supposons que la division régionale, méthode 1, nous informe que la région nord-ouest produit pour 500 dirhams d'eau pour usage agricole, et que la région sud-ouest produit pour 600 dirhams. La méthode 2, utilisant les parts de consommation d'eau par culture nous informe ensuite que la région nord-ouest présente 575 dirhams et la région sud-ouest 525 dirhams. Supposons aussi que les céréales représentent 60% de la production au nord-ouest et l'arboriculture 40%, et que ce ratio est de 50% et 50% dans le sud-ouest. Au départ, nous avons la situation suivante :

	Méthode 1	Méthode 2	Différence	Grain	Arboriculture
<b>Nord-ouest</b>	500	575	- 75	345	230
<b>Sud-ouest</b>	600	525	75	262,5	262,5
<b>Total</b>	1100	1100	0	607,5	492,5

**Tableau 3. Exemple de division par culture (1)**

Les différences observées entre la méthode 1 et la méthode 2 proviennent de l'indice de désagrégation en volume utilisé pour désagréger les cultures. Intuitivement, il est possible de voir ici que le sud-ouest présente des prix de l'eau plus élevés, gonflant donc la production en valeur, ce que la méthode 1 a capté mais que la méthode 2, basée

sur un indice de désagrégation en volume, n'a pas pu capter. La différence est donc redistribuée sur les cultures, de façon à regagner la valeur obtenue à la méthode 1 :

	Méthode 1	Méthode 2	Différence	Grain	Arboriculture
<b>Nord-ouest</b>	500	500	0	$345 - 0,6 \cdot 75$ = 300	$230 - 0,4 \cdot 75$ = 200
<b>Sud-ouest</b>	600	600	0	$262,5 + 0,5 \cdot 75$ = 300	$262,5 + 0,5 \cdot 75$ = 300
<b>Total</b>	1100	1100	0	600	500

**Tableau 4. Exemple de division par culture (2)**

De cette façon, les valeurs des cultures qui se retrouvent dans le sud-ouest, où les prix sont plus élevés, se retrouvent gonflées pour retrouver le niveau obtenu lors de la division régionale. En somme, la méthode présentée pour réaliser la division régionale est la meilleure méthode, car elle s'appuie sur des données fiables et disponibles par région, mais cette dernière méthode ne permet que la division par région, et non par culture. Pour réaliser la division par culture, des indices de consommation d'eau par culture sont utilisés, mais cette méthode présente un indice de désagrégation en volume plutôt qu'en valeur. C'est pourquoi elle est ajustée avec la méthode utilisée pour la division régionale.

Nous avons utilisé différentes sources d'information pour obtenir les valeurs pour le facteur travail, le facteur capital et les consommations intermédiaires de la branche productrice d'eau brute. Pour le facteur travail, la masse salariale des ORMVA est

utilisée alors que pour le facteur capital, ce sont les dépenses totales de maintenance par ORMVA.

Pour terminer, l'ensemble des valeurs attribuées à la production et au produit eau brute ont été retiré des valeurs reliées aux services non marchands pour conserver l'équilibre du cadre comptable. Les services non marchands sont amputés de ces valeurs puisque l'État est le producteur principal d'eau brute, via les agences de bassin, ce qui porte à croire que ces valeurs se retrouvent agrégées aux services non marchands dans la MCS 2003.

L'actualisation des données nationales provenant de la MCS 2003, dont les détails ont été présentés dans cette section, vient boucler les modifications effectuées sur le modèle DPS. La calibration du modèle étant maintenant réalisée de façon plus précise et plus complète, des simulations sont effectuées afin de clarifier, dans le contexte actuel, les effets d'une augmentation de la grille tarifaire de l'eau agricole sur l'économie marocaine. Le chapitre suivant présente ces simulations ainsi que les résultats s'y rattachant.

## **CHAPITRE 4. Simulations et résultats**

### **A. Augmentation de 10% des prix de l'eau d'irrigation**

La première simulation consiste en l'augmentation du prix de l'eau de 10% dans chacune des régions. Une augmentation uniforme pour l'ensemble des régions a été choisie comme première simulation de façon à favoriser une comparaison des régions selon leurs caractéristiques hydrologiques. En effet, une augmentation différente par région n'aurait pas permis une comparaison aussi directe des régions entre-elles. L'augmentation modérée de la tarification, de l'ordre de 10%, est pour sa part choisie puisqu'elle présente une variation suffisamment importante pour engendrer des effets dans le modèle, mais est assez modérée pour favoriser une première interprétation et un premier ciblage des différents effets du modèle.

#### **1. Analyse des variables macroéconomiques**

Une analyse des variables macroéconomiques du modèle est présentée en premier lieu, de façon à faciliter la compréhension des effets sectoriels présentés dans les sections suivantes. Le détail des effets sur les principales variables macroéconomiques du modèle sont présentées au tableau 5.

L'investissement total, déterminé par la somme des épargnes des différents agents du modèle, augmente suite à la simulation. L'épargne du ménage, qui constitue plus de 40% de l'épargne nationale à la situation de référence, diminue de 0,045%, en raison de

la baisse de salaire qui affecte son revenu. En effet, la baisse des prix du marché pour les trois secteurs employant la plus large part des travailleurs (baisse de 0,01% pour l'industrie (25% de la main d'œuvre), de 0,17% pour les services marchands (28% de la main d'œuvre) et de 0,21% pour les services non-marchand (44% de la main d'œuvre)) diminue la productivité marginale en valeur. Le salaire étant égal à cette productivité marginale, le salaire diminue de 0,25% suite à la simulation. L'épargne de la firme, qui constitue la moitié de l'épargne nationale, augmente pour sa part de 0,12%, avantagé par la hausse de la rente sur le capital agricole, qui fait augmenter son revenu. Ensuite, les exportations diminuent par rapport aux importations suite à la hausse des prix de production dans les branches agricoles, ce qui désavantage les exportations du pays et détériore la balance des opérations courantes de 0,49%, affectant l'investissement total vers le bas. Finalement, l'épargne du gouvernement, qui augmente de 18,27% en raison des fortes baisses dans les subventions de la production de l'eau, influence l'investissement total vers le haut.

<b>Analyse des variables macroéconomiques</b>			
<b>Variable</b>	<b>Référence</b>	<b>Niveau</b>	<b>Variation</b>
Salaire	1,000	0,997	-0,25
Investissement total	131,042	132,263	0,93
Consommation ménage	274,162	274,027	-0,05
Revenu des ménages	402,522	402,34	-0,05
Épargne des ménages	63,508	63,479	-0,05
Consommation gouvernement	86,018	86,018	0,00
Revenu du gouvernement	189,384	189,514	0,07
Épargne du gouvernement	5,923	7,005	18,27
Revenu des firmes	183,407	183,499	0,05
Épargne des firmes	76,839	76,931	0,12
Balance des opérations courantes	-15,228	-15,153	-0,49
Taux de change	1,000	1,000	0,00

**Tableau 5. Variables macroéconomiques**

Concernant les variables exogènes, la consommation de l'État est fixe, ainsi il n'y a pas d'objectif d'épargne pour le gouvernement. Ensuite, l'offre de travail est fixe, il y a donc relocalisation des travailleurs suite à la simulation. Le capital est fixe par secteur, c'est-à-dire que le capital agricole est défini, mais qu'il peut se déplacer au sein des différentes branches agricoles. Ce même raisonnement s'applique au groupe composé des branches industrielles, des branches productrices de fertilisants, ainsi que des branches des services marchand et non-marchand. La somme du capital pour ces branches est fixe, mais ce capital peut se déplacer entre les branches de ce groupe. Finalement, le capital associé à la production d'eau par barrage est fixe, la terre est spécifique à chaque branche de production agricole et le taux de change est fixe, de même que le prix des biens mondiaux, déterminés par le reste du monde.

Les prochaines sections présentent une analyse des effets de l'augmentation du tarif de l'eau orientée de façon sectorielle. Les effets sur les branches agricoles sont d'abord abordés, puis suivent les effets sur les branches industrielles et marchandes, sur les services non marchands, sur les ménages et finalement sur le secteur de l'eau au pays.

### **1. Branches agricoles**

L'augmentation du prix de l'eau d'irrigation de l'ordre de 10% dans chaque région entraîne une augmentation du coût d'un intrant important pour les producteurs agricoles. Afin d'éponger cette hausse, les producteurs peuvent compenser de façon partielle avec d'autres intrants, soient les fertilisants, le capital et le travail, selon la structure de la CES emboîtée à trois niveaux pour la production agricole (voir Figure 3). Les producteurs ajustent donc leur méthode de production selon l'ensemble des nouveaux prix et selon leurs possibilités de substitution de façon à minimiser les coûts de production. De cette façon, nous observons que l'ensemble des branches agricoles du modèle diminuent leur consommation d'eau irriguée après la simulation, une baisse allant de 2,54% pour la branche animale nord-est, la moins intensive en eau, à une diminution de 8,92% pour la branche céréalière du sud-ouest, la branche la plus intensive en eau, pour une moyenne de diminution de 6,89% pour l'ensemble des branches agricoles. Le détail des diminutions dans l'utilisation de l'eau agricole par branche de production est présenté dans le tableau 6.

Utilisation de l'eau d'irrigation							
Région nord-est				Région sud-est			
Branches	Réf.	Niveau	Variation	Branches	Réf.	Niveau	Variation
ANINE	0,04	0,04	-2,54	ANISE	0,14	0,13	-3,43
GRAINE	0,56	0,52	-7,69	GRAISE	2,66	2,43	-8,80
MARANE	0,02	0,02	-5,89	MARASE	0,15	0,14	-7,36
ARBONE	0,05	0,05	-5,62	ARBOSE	0,11	0,10	-7,47
OLEANE	0,03	0,02	-7,20	OLEASE	0,21	0,19	-8,76
LEGUNE	0,04	0,04	-7,16	LEGUSE	0,10	0,09	-8,66
SUCRNE	0,01	0,01	-5,86	SUCRSE	0,16	0,15	-7,02
Région nord-ouest				Région sud-ouest			
Branches	Réf.	Niveau	Variation	Branches	Réf.	Niveau	Variation
ANINO	0,04	0,04	-2,56	ANISO	0,09	0,08	-4,97
GRAINO	1,86	1,71	-8,50	GRAISO	0,48	0,43	-8,92
MARANO	0,06	0,05	-6,89	MARASO	0,08	0,07	-7,16
ARBONO	0,06	0,05	-6,97	ARBOSO	0,34	0,32	-7,06
OLEANO	0,34	0,31	-8,46	OLEASO	0,11	0,10	-8,08
LEGUNO	0,17	0,15	-8,46	LEGUSO	0,00	0,00	-7,86
SUCRNO	0,07	0,07	-6,54	SUCRSO	0,00	0,00	-6,09

**Tableau 6. Utilisation de l'eau d'irrigation par branche de production**

Il est important de mentionner qu'une partie de cette diminution provient des substitutions à l'intérieur des fonctions de production agricole, et une autre partie est causée par la baisse de la production agricole observée après la simulation, causée par la diminution des demandes pour les biens agricoles. Ainsi, malgré la substitution de l'eau irriguée pour des fertilisants, une baisse de l'utilisation globale des fertilisants est observée après la simulation, en partie causé par la substitution de l'agrégat *Cie* (eau-fertilisant) avec l'agrégat *Kc* (terre-capital), et en partie causé par la diminution des productions agricoles. Ensuite, l'ensemble des branches agricoles diminuent l'agrégat *Ip* (composé de l'eau, des fertilisants, de la terre et du capital) dans leur production en



substituant cet agrégat pour du travail, ce qui est avantageux car le salaire diminue suite à la simulation.

Or, malgré la baisse du salaire et la baisse du coût de certains intrants, notamment celui des fertilisants et des intrants provenant de l'industrie et des services marchands, la hausse du prix de l'eau est trop importante pour être renversée par les différentes substitutions et les coûts de production augmentent pour l'ensemble des branches agricoles, augmentation comprise entre 0,59% et 1,33% selon les cultures. Les augmentations de ces coûts de production, représentées par le prix au producteur, sont présentées dans le tableau 7.

<b>Prix au producteur, <math>P_g</math></b>			
<b>Produits</b>	<b>Référence</b>	<b>Niveau</b>	<b>Variation</b>
<b>GRAI</b>	1,00	1,013	1,33
<b>OLEA</b>	1,00	1,008	0,81
<b>ARBO</b>	1,00	1,007	0,70
<b>ANI</b>	1,00	1,007	0,66
<b>MARA</b>	1,00	1,006	0,62
<b>LEGU</b>	1,00	1,006	0,62
<b>SUCR</b>	1,00	1,006	0,59

**Tableau 7. Prix au producteur**

L'augmentation du prix au producteur est plus accentuée dans le cas des céréales, qui représente la culture la plus intensive en eau en plus de présenter, en absolu, celle qui en utilise le plus. Les oléagineux utilisent aussi, en absolu, une quantité importante d'eau et représente la deuxième culture la plus intensive en eau, expliquant sa deuxième place en terme d'augmentation du prix à la production. Ensuite, l'arboriculture, malgré une

intensité d'utilisation moins élevée, représente la troisième culture en importance en termes d'eau utilisée, suivie de la production animale, de la culture maraîchère, des légumineuses et finalement des cultures sucrières. Les intensités d'utilisation de l'eau par produit agricole sont présentées dans le tableau 8.

<b>Intensité d'utilisation de l'eau par produit agricole</b>		
<b>Produits</b>	<b>Eau utilisée</b>	<b>Eau utilisée/Production</b>
<b>GRAI</b>	1452,36	6,13%
<b>OLEA</b>	195,28	3,96%
<b>LEGU</b>	80,67	3,36%
<b>MARA</b>	90,00	0,83%
<b>ARBO</b>	209,58	0,77%
<b>SUCR</b>	55,87	0,57%
<b>ANI</b>	90,26	0,44%

**Tableau 8. Intensité d'utilisation de l'eau par produit agricole**

L'augmentation des prix de production se répercute sur le prix des biens agricoles sur le marché intérieur, les faisant augmenter. Or, une autre composante affecte les prix domestiques dans le modèle, soit les exportations. En effet, les producteurs peuvent exporter une partie plus ou moins importante de leur production, affectant le volume de produits destinés au marché intérieur, ce qui peut faire varier le prix.

Produits	Prix au producteur, $P_g$			Prix domestique, $P_d$		
	Référence	Niveau	Variation (%)	Référence	Niveau	Variation (%)
<b>GRAI</b>	1,000	1,013	1,32	1,022	1,036	1,32
<b>OLEA</b>	1,000	1,008	0,81	1,019	1,028	0,87
<b>ARBO</b>	1,000	1,007	0,70	1,027	1,035	0,81
<b>MARA</b>	1,000	1,006	0,62	1,022	1,030	0,74
<b>ANI</b>	1,000	1,007	0,66	1,022	1,029	0,66
<b>LEGU</b>	1,000	1,006	0,62	1,009	1,016	0,62
<b>SUCR</b>	1,000	1,006	0,59	1,019	1,025	0,59

**Tableau 9. Différences entre le prix au producteur et le prix domestique**

En effet, la production animale, les légumineuses, les céréales et la production sucrière présentent une variation du prix domestique équivalente à celle du prix au producteur en raison d'exportations nulles pour ces produits, tel que présenté au tableau 9. Ces produits présentent toutefois une différence dans le prix en niveau entre le prix au producteur et le prix domestique, une différence provenant de la taxe de vente, incorporée dans le prix domestique mais pas dans le prix au producteur.

Dans le cas des oléagineux, de la culture maraîchère et de l'arboriculture, des produits agricoles exportés, la variation du prix au producteur influence vers le haut le prix domestique, mais une variation des exportations vient amplifier cet effet. En effet, suite à l'augmentation du prix de l'eau dans le modèle, c'est une diminution du volume d'exportation qui est observée pour les produits agricoles exportables. En effet, les produits nationaux devenant plus dispendieux pour le reste du monde suite à l'augmentation du prix au producteur, les exportations diminuent, de 1,56% pour

l'arboriculture, de 1,34% pour les oléagineux et de 1,09% pour les produits maraîchers, tel que présenté au tableau 10.

<b>Exportations des produits agricoles</b>			
<b>Produits</b>	<b>Référence</b>	<b>Niveau</b>	<b>Variation</b>
<b>ARBO</b>	2,80	2,75	-1,56
<b>OLEA</b>	0,47	0,47	-1,34
<b>MARA</b>	1,85	1,83	-1,09
<b>ANI</b>	0,00	0,00	0,00
<b>LEGU</b>	0,00	0,00	0,00
<b>GRAI</b>	0,00	0,00	0,00
<b>SUCR</b>	0,00	0,00	0,00

**Tableau 10. Exportations des produits agricoles**

Puisque l'élasticité de substitution entre les produits agricoles domestiques et étrangers est la même pour les oléagineux et les produits maraîchers, c'est l'ampleur de la variation du prix de production qui influence l'ampleur de la diminution des exportations pour ces deux produits. Ainsi, les oléagineux présentant la plus forte augmentation du prix au producteur des produits exportés (0,81%), les exportations pour ce produit sont affectés plus fortement que celles des produits maraîchers, pour lesquels l'augmentation du prix au producteur est de 0,62%. L'arboriculture présente pour sa part une augmentation de prix de production plus importante que les produits maraîchers (0,70%), cependant son prix augmente moins que les oléagineux. Ce qui explique la diminution plus importante des exportations arboricoles par rapport aux oléagineux est l'élasticité de transformation plus élevée entre les produits agricoles domestiques et étrangers pour ce produit.

La demande composite pour un produit représente la somme de la consommation, de l'investissement et des demandes intermédiaires des autres branches de production pour ce produit. Cette demande composite est comblée par la demande pour le produit local, ainsi que par la demande pour les biens importés. Ainsi, les consommateurs et les branches de production choisissent le produit domestique ou le produit importé pour satisfaire leur demande, selon le prix de chaque produit et leurs préférences. Tel que décrit plus haut, le prix domestique des produits agricoles augmente suite à l'augmentation du prix de l'eau d'irrigation. Le prix des importations n'étant pas affecté par cette variation de prix, les consommateurs ont tendance à acheter davantage de produits importés, ce qui diminue la demande pour les biens locaux et augmente les importations de produits agricoles, de 0,38% pour les produits maraîchers, 0,54% pour les légumineuses, 0,67% pour les produits d'origine animale, 0,71% pour les céréales et 0,83% pour les oléagineux, tel que présenté au tableau 11.

<b>Importations agricoles</b>			
<b>Produits</b>	<b>Référence</b>	<b>Niveau</b>	<b>Variation</b>
<b>OLEA</b>	0,44	0,44	0,83
<b>GRAI</b>	6,56	6,60	0,71
<b>ANI</b>	0,03	0,03	0,67
<b>LEGU</b>	1,50	1,51	0,55
<b>MARA</b>	0,66	0,66	0,38
<b>ARBO</b>	0,00	0,00	0,00
<b>SUCR</b>	0,00	0,00	0,00

**Tableau 11. Importations agricoles**

Bien que ce soit le prix domestique des céréales qui augmente le plus fortement (hausse de 1,32%), les importations d'oléagineux croissent davantage suite à la simulation en raison de l'élasticité de substitution pour les céréales, qui est plus restrictive. En d'autres termes, les consommateurs locaux sont peu sensibles aux variations de prix des céréales locales et substituent plus facilement les produits oléagineux locaux pour des produits oléagineux étrangers dans leurs habitudes de consommation. Dans le même ordre d'idée, l'augmentation des importations de légumineuses surpasse l'augmentation des importations de produits maraîchers, toujours en raison de l'élasticité de substitution, de valeur plus élevée pour les légumineuses. Les importations de production animale augmentent davantage que les légumineuses malgré une élasticité de substitution de valeur égale, en raison d'un prix domestique plus élevé, qui défavorise le produit local. Finalement, les produits maraîchers présentent une élasticité de substitution basse, expliquant la faible augmentation des importations pour ce secteur.

La demande composite est ainsi comblée par davantage de biens importés qu'à la situation de référence et par moins de biens locaux. Or, la substitution entre les biens importés et les biens locaux est imparfaite, et malgré l'augmentation d'achat de biens importés au détriment des biens locaux, l'effet d'augmentation du prix domestique transparaît dans le prix composite, le prix composite regroupant les prix domestique et les prix des produits importés dans un même prix. Ainsi, les divers consommateurs font face à une augmentation des prix sur le marché intérieur, pour l'ensemble des biens agricoles, soit une hausse comprise entre 0,45% et 1,10%, tel que présenté au tableau

12. Ces augmentations de prix composites dépendent dans un premier temps de l'augmentation du prix domestique de chaque bien agricole, et dans un deuxième temps des possibilités de substitution pour les biens importés. Ainsi, les cultures importées (céréales, oléagineux, produits maraîchers, légumineuses, produits d'origine animale) présentent une diminution du prix composite par rapport au prix domestique, en raison du prix du produit importé, qui reste stable après simulation et influence donc le prix du marché vers le bas.

Branches	Prix domestique, $P_d$			Prix composite, $P_q$		
	Référence	Niveau	Variation	Référence	Niveau	Variation
<b>GRAI</b>	1,022	1,036	1,32	1,022	1,034	1,10
<b>OLEA</b>	1,019	1,028	0,87	1,019	1,027	0,81
<b>ARBO</b>	1,027	1,035	0,81	1,027	1,035	0,81
<b>MARA</b>	1,022	1,030	0,74	1,022	1,029	0,69
<b>ANI</b>	1,022	1,029	0,66	1,022	1,029	0,66
<b>SUCR</b>	1,019	1,025	0,59	1,019	1,025	0,59
<b>LEGU</b>	1,009	1,016	0,62	1,009	1,014	0,45

**Tableau 12. Prix domestiques et composites des produits agricoles**

La demande pour les biens locaux diminuant et la demande de biens importés n'augmentant pas suffisamment pour la combler, la demande composite se trouve diminuée de 0,13% au total pour l'ensemble des cultures, pour une diminution oscillant entre 0,01% et 0,19% selon les produits. En effet, la consommation baisse de 0,03%, de même que les demandes intermédiaires, qui diminuent de 0,20%. L'ensemble de ces effets sont présentés au tableau 13.

Demande composite				Investissement		
Produits	Référence	Niveau	Variation	Référence	Niveau	Variation
OLEA	6,491	6,479	-0,19	0,023	0,023	0,12
ARBO	17,950	17,920	-0,17	0,000	0,000	0,00
ANI	21,519	21,488	-0,14	0,001	0,001	0,27
MARA	10,539	10,525	-0,14	0,000	0,000	0,00
GRAI	38,414	38,371	-0,11	6,011	6,001	-0,16
SUCR	10,008	9,998	-0,10	0,644	0,646	0,34
LEGU	5,383	5,382	-0,01	0,371	0,373	0,48
Demande intermédiaire				Consommation		
Produits	Référence	Niveau	Variation	Référence	Niveau	Variation
ANI	14,229	14,200	-0,20	7,289	7,288	-0,02
OLEA	2,080	2,076	-0,20	3,538	3,537	-0,03
LEGU	0,660	0,658	-0,20	4,352	4,351	-0,02
GRAI	12,885	12,858	-0,20	19,518	19,512	-0,03
MARA	6,491	6,478	-0,20	4,048	4,047	-0,03
ARBO	12,725	12,699	-0,20	4,882	4,881	-0,03
SUCR	5,360	5,349	-0,20	4,005	4,004	-0,02

**Tableau 13. Demande composite**

La consommation publique étant fixe dans le modèle, les variations de consommation observées proviennent de changements dans la consommation des ménages. Ces variations dans la consommation des ménages sont très faibles, dû à la fonction utilisée, qui comporte un minimum de consommation incompressible, nécessaire à la subsistance.

Les demandes intermédiaires agricoles diminuent toutes de la même variation, soit de 0,20%. Ceci est dû à la fonction de production de l'industrie dans le modèle, qui agrège les consommations intermédiaires agricoles en une seule consommation intermédiaire, substituable de façon imparfaite avec l'intrant eau. Comme l'eau



industrielle demeure au même prix suite à la simulation alors que les prix composites des intrants agricoles augmentent, l'industrie minimise ses coûts de production en substituant des consommations intermédiaires agricoles selon les élasticités  $\sigma^{ae}_{ind}$ , tel que présenté à la Figure 2.

L'investissement total de l'économie augmente suite à la simulation, en raison de l'épargne des firmes et de l'épargne gouvernementale qui augmentent, tel que discuté lors de l'analyse des variables macroéconomiques. Comme l'investissement de chaque produit est fonction de l'investissement total et de son prix composite, l'ensemble des investissements pour les produits agricoles augmentent, entre 0,12% et 0,48%, excepté dans le cas des céréales, pour qui l'investissement diminue de 0,16%. En effet, la hausse du prix composite pour les céréales étant supérieure à la hausse de l'investissement total, l'effet final est une diminution de la demande d'investissement pour ce produit. Pour les six autres produits agricoles, la hausse respective de leurs prix composites ne surpasse pas la hausse de l'investissement total, ce qui augmente l'investissement pour ces produits. Les variations concernant l'investissement par produits sont présentées au tableau 13.

Production par branche de production							
Région Sud-est				Région Sud-ouest			
Branches	Réf.	Niveau	Variation	Branches	Réf.	Niveau	Variation
ANISE	8,37	8,36	-0,14	ANISO	4,51	4,5	-0,24
GRAISE	11,19	11,16	-0,35	GRAISO	1,79	1,76	-1,64
MARASE	4,92	4,91	-0,31	MARASO	2,13	2,12	-0,49
ARBOSE	3,84	3,83	-0,28	ARBOSO	9,91	9,86	-0,5
OLEASE	1,37	1,37	-0,41	OLEASO	0,62	0,61	-1,36
LEGUSE	0,79	0,79	-0,37	LEGUSO	0,01	0,01	-1,35
SUCRSE	5,24	5,23	-0,12	SUCRSO	0,05	0,05	-0,12
Total SE	35,72	35,65	-0,20	Total SO	19,02	18,91	-0,58
Région Nord-est				Région Nord-ouest			
Branches	Réf.	Niveau	Variation	Branches	Réf.	Niveau	Variation
ANINE	4,18	4,18	-0,11	ANINO	4,42	4,42	-0,1
GRAINE	4,33	4,32	-0,16	GRAINO	14,55	14,53	-0,09
MARANE	1,17	1,17	-0,25	MARANO	3,51	3,5	-0,24
ARBONE	3,17	3,16	-0,2	ARBONO	3,83	3,83	-0,19
OLEANE	0,33	0,32	-0,21	OLEANO	4,21	4,2	-0,17
LEGUNE	0,59	0,58	-0,2	LEGUNO	2,49	2,48	-0,18
SUCRNE	0,53	0,53	-0,09	SUCRNO	4,19	4,18	-0,07
Total SE	14,3	14,26	-0,28	Total SO	37,2	37,14	-0,16

**Tableau 14. Production par région et par branche de production**

En ce qui concerne les variations entre les régions, la région sud-ouest est une région où les branches agricoles font face à des élasticités de substitution plus restrictives dans leur fonction de production, diminuant la possibilité pour les producteurs d'éponger la hausse du prix de l'eau en augmentant les autres intrants. Mais surtout, c'est la région où l'eau est utilisée le plus intensément, c'est-à-dire la région pour laquelle le ratio eau/production agricole est le plus élevé, tel que présenté au tableau 16. Ces caractéristiques font en sorte que la production est plus fortement touchée pour cette région, et ce pour l'ensemble des cultures.

La région nord-est est plus aride que la région sud-est, présente un prix de l'eau plus élevé et des élasticités de substitutions plus restrictives. Or, la production diminue davantage dans la région sud-est, et ce en raison de l'intensité d'utilisation de l'eau dans cette région, plus importante que dans le nord-est, tel que présenté au tableau 16.

Finalement, la région nord-ouest est la région où la production diminue le moins, en raison encore une fois de l'intensité d'utilisation de l'eau dans la région, inférieure à celle des autres régions. Cette région représente aussi la région la mieux pourvue en eau pour le modèle, où les précipitations sont supérieures et les sols plus propices à retenir l'eau, ce qui peut expliquer le ratio plus faible eau/production dans la région.

<b>Intensité d'utilisation de l'eau par branche de production agricole</b>					
<b>Branches</b>	<b>eau/production</b>	<b>Branches</b>	<b>eau/production</b>	<b>Branches</b>	<b>eau/production</b>
<b>GRAINE</b>	0,041	<b>SUCRNE</b>	0,005	<b>MARANE</b>	0,005
<b>GRAINO</b>	0,036	<b>SUCRNO</b>	0,005	<b>MARANO</b>	0,005
<b>GRAISE</b>	0,048	<b>SUCRSE</b>	0,006	<b>MARASE</b>	0,006
<b>GRAISO</b>	0,121	<b>SUCRSO</b>	0,006	<b>MARASO</b>	0,017
<b>LEGUNE</b>	0,021	<b>OLEANE</b>	0,026	<b>ARBONE</b>	0,005
<b>LEGUNO</b>	0,019	<b>OLEANO</b>	0,023	<b>ARBONO</b>	0,004
<b>LEGUSE</b>	0,026	<b>OLEASE</b>	0,031	<b>ARBOSE</b>	0,006
<b>LEGUSO</b>	0,068	<b>OLEASO</b>	0,079	<b>ARBOSO</b>	0,016
<b>ANINE</b>	0,003				
<b>ANINO</b>	0,002				
<b>ANISE</b>	0,003				
<b>ANISO</b>	0,009				

**Tableau 15. Intensité d'utilisation de l'eau par branche agricole**

<b>Intensité d'utilisation de l'eau par région</b>	
<b>Région</b>	<b>Eau/Production</b>
<b>Nord-est</b>	0,015
<b>Nord-ouest</b>	0,013
<b>Sud-est</b>	0,018
<b>Sud-ouest</b>	0,045

**Tableau 16. Intensité d'utilisation de l'eau par région**

<b>Utilisation de l'eau dans la production agricole</b>	
<b>Produit</b>	<b>Eau /Production</b>
<b>GRAI</b>	0,061
<b>OLEA</b>	0,04
<b>LEGU</b>	0,033
<b>MARA</b>	0,008
<b>ARBO</b>	0,008
<b>SUCR</b>	0,006
<b>ANI</b>	0,004

**Tableau 17. Intensité d'utilisation de l'eau par produit agricole**

Bref, il ressort que les régions utilisant des méthodes de culture plus intensives en eau sont affectées plus durement par la hausse du prix de cet intrant. Or, ceci ne vaut pas nécessairement pour les cultures : les cultures présentant un ratio eau/production plus élevé ne sont pas nécessairement affectées davantage que les autres au sein d'une même région en termes de production. Par exemple, les produits maraîchers dans les régions du nord présentent une diminution de la production plus importante que les céréales, tel que présenté au tableau 14, malgré une utilisation de l'eau supérieure et plus intensive pour les cultures céréalières. En effet, les céréales ne sont pas un bien

agricole exporté alors que les produits maraîchers font non seulement face à une diminution de la demande intérieure, mais aussi de la demande extérieure, ce qui affecte la production. Un autre point à considérer est la facilité (ou la difficulté) des consommateurs à substituer le produit local pour un produit importé. En effet, les légumineuses et les oléagineux, les deux produits importés les plus facilement substituables, présentent dans certaines régions des diminutions de production supérieure à des cultures plus intensives en eau, en raison de la substitution de ces produits pour des produits importés.

Il apparaît tout de même que, malgré une augmentation du prix de l'eau de 10%, les diminutions de production des branches agricoles et l'augmentation des prix observés se situent rarement au dessus d'un point de pourcentage, malgré une diminution importante de l'utilisation de l'eau irriguée par les branches agricoles (moyenne de 6,89% de diminution pour l'ensemble des branches). Le modèle démontre ainsi que les possibilités de substitution des producteurs ne sont pas suffisantes pour absorber la hausse de 10% prix de l'eau, ce qui fait hausser les prix à la production, mais permet tout de même d'en éponger une partie importante. Par ailleurs, le modèle montre que l'emploi agricole ne diminue pas nécessairement suite à une augmentation du prix de l'eau, en raison notamment de la baisse de salaire observée.

## **2. Branches industrielles et services marchands**

Comme l'industrie est confrontée à une baisse du prix de la main d'œuvre (baisse de 0,25%) plus accentuée que la baisse de la rente sur le capital industriel (baisse de 0,16%), les branches industrielles substituent du capital pour de la main d'œuvre dans leur valeur ajoutée selon la relation Cobb-Douglas déterminée dans le modèle. Cette substitution, couplée à la baisse du prix de la main d'œuvre et du capital, va abaisser le prix de la valeur ajoutée pour l'ensemble des branches industrielles et des branches productrices de fertilisants. Cette diminution du prix de la valeur ajoutée vient contrer l'effet d'augmentation des intrants agricoles dans les fonctions de production, et le résultat est une diminution de l'ensemble des prix à la production des branches industrielles et des branches productrices de fertilisant.

Tel qu'énoncé plus haut, la demande intérieure pour un produit est composée de la consommation privée et publique, de l'investissement et des consommations intermédiaires. Suite à l'augmentation du prix de l'eau d'irrigation, la demande intérieure pour les biens industriels augmente de 0,36% alors que celle des fertilisants diminue de 1,16%. La diminution de la demande de fertilisants malgré la baisse de son prix est expliquée par un seul facteur, soit par la diminution de la production agricole, le principal consommateur de fertilisants. L'augmentation de la demande pour les biens industriels, pour sa part, provient de l'augmentation des consommations intermédiaires de biens industriels et de la demande d'investissement. En effet, comme le prix des biens industriels diminue, ces biens se trouvent avantagés via les substitutions dans les

fonctions de productions des différents secteurs, ce qui hausse la demande de ces biens, de 0,42%. L'investissement des biens industriels augmente de 0,94%, pour les mêmes raisons que l'augmentation de l'investissement des biens agricoles. Finalement, la baisse de salaire affecte négativement la consommation des ménages, qui réduisent leur consommation de biens industriels de 0,17% malgré la baisse de prix dans le secteur. Cette baisse de la consommation privée atténue la hausse de la demande composite pour le secteur industriel mais ne renverse pas les hausses des demandes d'investissement et de biens industriels comme intrants.

Les services marchands réagissent à l'augmentation des prix d'irrigation de la même façon que les branches industrielles. En effet, les services marchands font face à la même diminution des prix des facteurs de production, soit la diminution de 0,25% du prix de la main d'œuvre et de 0,16% de la rente sur le capital, ce qui diminue le prix de la valeur ajoutée dans le secteur. La diminution du prix de la valeur ajoutée vient contrer l'augmentation du prix des intrants agricoles dans la fonction de production (les intrants agricoles représentent seulement 0,01% des intrants des services marchands), et le prix à la production des services marchands diminue de 0,17%. La baisse des prix du secteur favorise son utilisation comme intrant pour les autres secteurs, et la hausse de l'investissement total augmente la demande d'investissement pour le secteur. Ainsi, les intrants de services marchands augmentent de 0,24% et l'investissement du secteur de 1,13%. Par ailleurs, la baisse des prix domestiques dans les secteurs industriels et marchands rend ces produits plus attrayants sur le marché extérieur, et les exportations pour ces produits augmentent suite à la simulation, de 0,37% et 0,44% respectivement.

La hausse de la demande composite et des exportations pour ces secteurs engendrent finalement une production à la hausse pour les services marchands et industriels (hausse de 0,36% et 0,23%), alors que le contraire se produit pour les fertilisants (baisse de 0,97%). Finalement, il est intéressant de noter que la demande domestique pour les services marchands et l'industrie augmente davantage que la demande composite, étant donné une préférence pour les produits locaux et la baisse de leur prix par rapport au prix des importations.

### **3. Services non marchands**

Les services non marchands représentent le secteur le plus intensif en main d'œuvre du modèle, avec un ratio travail/production de 70%, comparé à 10% pour l'industrie et 20% pour les services marchands. Le secteur est donc avantagé par la baisse de salaire observée, et le prix au producteur diminue plus fortement que les autres secteurs présentant la même fonction de production, soit de 0,21% comparé à 0,01% pour l'industrie et les fertilisants et 0,17% pour les services marchands. Puisque le gouvernement n'a pas d'objectif d'épargne dans le modèle, sa consommation totale est fixée, et c'est le prix de chaque produit qui influence la part qu'il occupe dans la consommation totale. Comme le gouvernement consomme sa propre production dans le modèle, la diminution de son prix de production avantage sa propre production, et cette dernière augmente de 0,14%.



Le revenu du gouvernement augmente légèrement suite à la simulation, de 0,06%, en raison de l'augmentation de la valeur des taxes de vente et des taxes sur le capital :

<b>Taxe de vente</b>			
<b>Produit</b>	<b>Référence</b>	<b>Niveau</b>	<b>Variation</b>
<b>ANI</b>	0,477	0,480	0,51
<b>OLEA</b>	0,121	0,122	0,63
<b>LEGU</b>	0,051	0,051	0,44
<b>GRAI</b>	0,857	0,865	0,99
<b>MARA</b>	0,232	0,233	0,56
<b>ARBO</b>	0,479	0,482	0,64
<b>SUCR</b>	0,189	0,190	0,49
<b>IND</b>	38,477	38,612	0,35
<b>FER</b>	0,083	0,082	-1,29
<b>SVM</b>	12,249	12,245	-0,04

**Tableau 18. Taxe de vente**

Les taxes de vente pour l'ensemble des produits agricoles augmentent entre 0,49% et 0,99%, malgré la baisse de la demande domestique et composite pour ces biens. Effectivement, l'augmentation des prix vient contrecarrer la diminution des quantités vendues et le résultat final est une augmentation de la valeur des taxes perçues sur les biens agricoles, tel que présenté au tableau 18. La taxe de vente sur les biens industriels augmente aussi, de 0,35%, en raison cette fois d'une augmentation des quantités vendues supérieure à la diminution du prix. L'effet inverse se produit pour les services marchands, la diminution des prix étant légèrement supérieure à l'augmentation des quantités vendues. Le résultat est une légère diminution de la valeur de la taxe perçue pour ce secteur (0,04%), et aussi pour le secteur des fertilisants (1,29%) pour lequel le même phénomène se produit. La diminution des taxes des branches productrices de

fertilisants et des services marchands vient atténuer la hausse de la valeur des taxes perçues, mais ne renverse pas l'effet. Ensuite, la rente du capital agricole augmente d'un point de pourcentage alors que la rente sur le capital industriel diminue de 0,15%, et l'effet final pour la taxe sur le capital est une augmentation en valeur.

L'épargne du gouvernement connaît une hausse importante de 18,27% suite à la simulation, qui s'explique principalement par la forte diminution de l'utilisation de l'eau en agriculture (entre 2,5% et 9% de diminution, dépendant des cultures et des régions, avec une moyenne à 6,85%). Cette diminution de l'utilisation de la ressource par son principal consommateur, l'agriculture, fait diminuer significativement la production de la ressource sur le territoire, soit de 6,51% dans le nord-est, 7,08% dans le nord-ouest, 7,30% dans le sud-est et 7,32% pour le sud-ouest. Comme la production de l'eau est subventionnée par le gouvernement, la diminution de la production fait augmenter significativement l'épargne du secteur public.

#### **4. Ménage**

Tel que présenté plus haut, le salaire diminue suite à la simulation, ce qui affecte négativement le revenu des ménages. Or, la rente sur le capital agricole augmente de 0,93%, ce qui atténue l'impact négatif du salaire sur le revenu du ménage, ce dernier détenant 70% de la terre. L'effet final sur le revenu du ménage est une diminution marginale de 0,045%.

Concernant l'emploi, comme l'offre de travail est fixe, les travailleurs perdant leur emploi dans le secteur de l'eau, et dans le secteur des fertilisants, dont les productions diminuent, se relocalisent dans le modèle dans les autres branches. En effet, presque l'ensemble des branches agricoles emploient davantage de travailleurs suite à la hausse du prix de l'eau, et ce malgré la baisse de production, en raison de la diminution du salaire et des fonctions de production agricole, qui permettent une substitution entre le travail et l'agrégat formé du capital, de la terre, des fertilisants et de l'eau. Il n'y a que dans le sud-ouest, où la production agricole diminue plus fortement en raison de l'intensité de l'utilisation de l'eau dans la production, que l'emploi agricole diminue dans les branches les plus intensives en eau, soit les céréales, les oléagineux et les légumineuses, mais ces travailleurs se relocalisent dans les autres branches agricoles de la région, tel que présenté au tableau 19.

<b>Travail</b>							
<b>Région sud-est</b>				<b>Région sud-ouest</b>			
<b>Branches</b>	<b>Référence</b>	<b>Niveau</b>	<b>Variation</b>	<b>Branches</b>	<b>Référence</b>	<b>Niveau</b>	<b>Variation</b>
<b>ANISE</b>	0,446	0,448	0,42	<b>ANISO</b>	0,239	0,24	0,3
<b>GRAISE</b>	0,363	0,366	0,89	<b>GRAISO</b>	0,054	0,053	-0,39
<b>MARASE</b>	0,219	0,22	0,38	<b>MARASO</b>	0,094	0,094	0,09
<b>ARBOSE</b>	0,191	0,191	0,23	<b>ARBOSO</b>	0,488	0,488	0,06
<b>OLEASE</b>	0,035	0,035	0,42	<b>OLEASO</b>	0,015	0,015	-0,4
<b>LEGUSE</b>	0,011	0,011	0,58	<b>LEGUSO</b>	0,000	0,000	-0,25
<b>SUCRSE</b>	0,225	0,226	0,47	<b>SUCRSO</b>	0,002	0,002	0,41
<b>INDSE</b>	25,713	25,821	0,42	<b>INDSO</b>	2,268	2,278	0,43
<b>FERSE</b>	0,136	0,135	-0,92	<b>FERSO</b>	0,045	0,045	-0,92
<b>EAUSE</b>	0,525	0,406	-22,75	<b>EAUSO</b>	0,264	0,226	-14,47
<b>Région nord-est</b>				<b>Région nord-ouest</b>			
<b>Branches</b>	<b>Référence</b>	<b>Niveau</b>	<b>Variation</b>	<b>Branches</b>	<b>Référence</b>	<b>Niveau</b>	<b>Variation</b>
<b>ANINE</b>	0,223	0,224	0,39	<b>ANINO</b>	0,236	0,237	0,45
<b>GRAINE</b>	0,141	0,143	0,87	<b>GRAINO</b>	0,478	0,483	1,11
<b>MARANE</b>	0,052	0,052	0,26	<b>MARANO</b>	0,157	0,157	0,44
<b>ARBONE</b>	0,158	0,158	0,31	<b>ARBONO</b>	0,191	0,192	0,31
<b>OLEANE</b>	0,008	0,008	0,52	<b>OLEANO</b>	0,108	0,109	0,63
<b>LEGUNE</b>	0,008	0,008	0,63	<b>LEGUNO</b>	0,034	0,034	0,74
<b>SUCRNE</b>	0,023	0,023	0,44	<b>SUCRNO</b>	0,18	0,181	0,5
<b>INDNE</b>	2,893	2,906	0,43	<b>INDNO</b>	7,247	7,278	0,43
<b>FERNE</b>	0,045	0,045	-0,92	<b>FERNO</b>	0,045	0,045	-0,92
<b>EAUNE</b>	0,194	0,153	-21,23	<b>EAUNO</b>	0,948	0,746	-21,29
<b>Services marchands</b>				<b>Services non marchands</b>			
<b>SERM</b>	40,924	41,045	0,3	<b>SERNM</b>	65,148	65,248	0,15

**Tableau 19. Travail par branche de production**

La baisse dans le revenu du ménage affecte sa consommation, la diminuant d'un demi-point de pourcentage, et son épargne, qui diminue de la même proportion que le revenu.

En termes de bien-être, la variation équivalente des ménages engendrée par le modèle est égale à -359,08 dirhams, ce qui indique une dégradation dans l'utilité des ménages. En effet, une variation équivalente négative de 359,08 signifie que le ménage aurait un niveau de bien-être pré-simulation équivalente à celui post-simulation seulement si son revenu pré-simulation était amoindri de 359,08 dirhams. Le revenu initial du ménage étant de 402 522,02 dirhams, 359,08 dirhams représente une diminution de bien-être de 0,089%. Cette diminution dans la variation équivalente peut être attribuable à la baisse du salaire et la hausse des prix des biens agricoles, qui représentent 18% de la consommation des ménages à l'année de référence.

## 5. Secteur de l'eau

L'augmentation du prix de l'eau d'irrigation pour les branches agricoles engendre une diminution significative de la production de l'eau, principalement causée par la diminution de son utilisation au sein des branches agricoles. La diminution de production de l'eau se fait de façon relativement uniforme entre les régions, soient des diminutions entre 6,51% et 7,32% selon les régions, tel que présenté au tableau 20.

Production de l'eau			
Produit	Référence	Niveau	Variation
EAUNE	0,81	0,76	-6,51
EAUNO	3,03	2,82	-7,08
EAUSE	4,05	3,75	-7,31
EAUSO	1,17	1,08	-7,32

Tableau 20. Production de l'eau

La diminution de l'utilisation de l'eau par les branches agricoles dépend de deux facteurs. D'abord, la diminution de production des branches, qui elle-même dépend de l'intensité d'utilisation de l'eau, ensuite des possibilités de substitution pour les producteurs dans leur fonction de production. Ainsi, la production de l'eau dans le sud-ouest présente la baisse la plus importante (7,32%), en raison de l'intensité d'utilisation de l'eau en agriculture dans la région. Or, les élasticités de substitution plus restrictives dans la fonction de production du sud-ouest empêchent les producteurs à recourir à d'autres intrants afin de compenser la hausse du prix de l'eau et l'effet se fait plutôt ressentir sur les prix à la production, qui augmentent davantage dans le sud-ouest. Ainsi, la production d'eau du sud-est diminue de 7,31%, soit presque autant que dans le sud-ouest, malgré une diminution de production moins importante, en raison des élasticités de substitution plus élevées. Le même effet se produit dans les régions du nord : la production d'eau du nord-est chute moins que celle du nord-ouest (6,51% versus 7,08%) malgré une diminution de production agricole plus importante dans le nord-est. En effet, les possibilités de substitution des producteurs du nord-est sont inférieures à celles dans le nord-ouest en raison des élasticités plus faibles dans la fonction de production nord-est.

La diminution de la production d'eau dans chacune des régions diminue les coûts d'exploitation, et ainsi les subventions accordées au secteur, entre 9,96% et 34,93%, tel que présenté dans le tableau 21. La diminution des subventions au secteur de l'eau a un effet direct sur l'épargne du gouvernement, qui augmente de 18,27%, tel que vu précédemment.

<b>Subventions au secteur de l'eau</b>			
<b>Produit</b>	<b>Référence</b>	<b>Niveau</b>	<b>Variation</b>
<b>EAUNE</b>	0,00	-0,10	-9,96
<b>EAUNO</b>	0,00	-0,36	-35,83
<b>EAUSE</b>	0,00	-0,35	-34,93
<b>EAUSO</b>	0,00	-0,15	-14,56

**Tableau 21. Subventions au secteur de l'eau**

En conclusion de cette simulation, nous pouvons dire que la hausse de 10% du prix de l'eau d'irrigation entraîne de petits changements pour la totalité des variables dans le modèle sauf pour l'ensemble du secteur de l'eau et de l'épargne gouvernementale. En effet, la simulation entraîne des variations sous 3% pour la totalité des variables agricoles, industrielles, marchandes et relatives au ménage, avec une majorité de variation sous la barre du 1%. Or, on note une diminution significative de l'utilisation de l'eau dans l'agriculture (entre 6,70% et 7,75%) et de la production de l'eau (entre 6,51% et 7,32%), et une hausse importante de l'épargne du gouvernement (18,26%), qui profite de cette diminution de production de l'eau en abaissant les subventions destinées au secteur.

## **B. Simulation 2 : Prix de l'eau égal au coût marginal**

La tarification au coût marginal est un principe qui assure l'allocation optimale d'une ressource entre les différents utilisateurs. L'appliquer à l'économie marocaine entière, et non seulement aux usagers agricole, devrait ainsi permettre l'atteinte d'une allocation plus efficace et d'une meilleure conservation. Or, l'instauration de cette tarification entraîne des changements importants, tant au niveau de l'agriculture, qui présente des prix significativement plus bas que le coût marginal de production à la situation de référence, que pour les ménages et l'industrie, qui présentent une grille tarifaire en général supérieure au coût marginal de production. De cette façon, cette simulation entraîne une différence majeure par rapport à l'augmentation de 10% des prix de l'eau d'irrigation, soit un changement de prix de l'eau pour l'ensemble des acteurs du modèle. En effet, suite à la simulation, les producteurs agricoles font face à une augmentation importante du prix de l'eau d'irrigation, soit une augmentation de 97,89% dans le nord-est, 101,81% dans le nord-ouest, 487,36% dans le sud-est et 38,65% dans le sud-ouest. Les ménages et l'industrie, pour leur part, font face à une diminution importante du prix de l'eau, entre 81,36% et 94,81% selon les régions, tel que présenté dans le tableau 22.



<b>Prix de l'eau</b>			
<b>Secteurs</b>	<b>Référence</b>	<b>Niveau</b>	<b>Variation (%)</b>
<b>Agriculture</b>			
Agriculture nord-est	0,31	0,62	97,89
Agriculture nord-ouest	0,28	0,56	101,81
Agriculture sud-est	0,20	1,19	487,36
Agriculture sud-ouest	0,45	0,63	38,65
<b>Ménage</b>			
Ménage nord-est	12,00	0,62	-94,81
Ménage nord-ouest	6,02	0,56	-90,65
Ménage sud-est	7,00	1,19	-82,95
Ménage sud-ouest	11,90	0,63	-94,72
<b>Industrie</b>			
Industrie nord-est	6,03	0,62	-89,69
Industrie nord-ouest	4,18	0,56	-86,55
Industrie sud-est	6,40	1,19	-81,36
Industrie sud-ouest	6,82	0,63	-90,79

**Tableau 22. Prix de l'eau, tarification au coût marginal**

Les demandes pour l'eau étant plus fortes dans la région sud-est, la demande rejoint le coût marginal de l'eau à un prix plus élevé que dans les trois autres régions, alors que la région sud-ouest, présentant les demandes d'eau les plus faibles, présente le prix plus faible.

Ces variations importantes des prix de l'eau pour l'ensemble des acteurs entraîne des effets importants dans le modèle. Afin d'analyser ces effets, une analyse sommaire des variables macroéconomiques est d'abord abordée, suivie d'une analyse sectorielle.

## 1. Analyse des variables macroéconomiques

Les résultats macroéconomiques de la simulation au coût marginal diffèrent de la première simulation principalement par l'effet sur l'épargne du gouvernement. En effet, contrairement à la première simulation, les subventions à la production de l'eau augmentent suite à la tarification au coût marginal, de 227% au total, ce qui affecte l'épargne du gouvernement, cette dernière diminuant de 54,09% suite à la présente simulation, comparativement à une hausse de 18,27% à la première simulation. Cet effet, surprenant à première vue, est causé par les variations dans la consommation d'eau des différents secteurs, abordé plus précisément dans les sections suivantes. La diminution de l'épargne gouvernementale affecte négativement l'investissement total, qui diminue de 5,39%, tel que présenté au tableau 23.

Analyse des variables macroéconomiques				
Variable	Référence	Niveau	Variation	
Salaire	1,000	0,995	-0,53	
Investissement total	131,042	123,975	-5,39	
Consommation ménage	274,162	273,588	-0,21	
Revenu ménage	402,522	401,747	-0,19	
Épargne ménage	63,508	63,386	-0,19	
Consommation gouvernement	86,018	86,018	0,00	
Revenu gouvernement	189,384	188,454	-0,49	
Épargne gouvernement	5,923	2,720	-54,09	
Revenu firme	183,407	183,242	-0,09	
Épargne firme	76,839	76,674	-0,21	
Balance des opérations courantes	-15,228	-18,804	23,48	
Taux de change	1,000	1,000	0,00	

**Tableau 23. Variables macroéconomiques**

La fermeture du modèle se fait de la même façon qu'à la première simulation, c'est-à-dire que la consommation du gouvernement est fixe, de même que l'offre de travail, le capital par secteur, le taux de change et le prix des biens mondiaux. La terre est spécifique à chaque branche de production agricole.

L'analyse sectorielle présentée dans les sections suivantes reprend les principaux effets de la simulation au coût marginal par secteur, en insistant sur les différences qu'elle présente par rapport à la première simulation. Les branches agricoles sont d'abord abordées, suivi des branches industrielles et marchands, des services non marchands, des ménages et finalement du secteur de l'eau.

### **1. Branches agricoles**

En agriculture, les producteurs agricoles réagissent de la même façon qu'à la première simulation, soit en modifiant leur consommation d'intrants de façon à faire face aux variations du prix de l'eau. Toutefois, comme les régions font face à des augmentations de prix différentes, les substitutions sont moins homogènes qu'à la première simulation. Ainsi, bien que l'ensemble des branches agricoles diminuent leur consommation d'eau, les consommations de fertilisants augmentent pour certaines branches, en particulier dans le nord-ouest, où les élasticités de substitution sont plus permissive dans la fonction de production et dans le sud-ouest, où l'augmentation du prix de l'eau est la moins importante. Il en est de même pour le travail agricole, qui

diminue dans l'ensemble des branches du sud-est mais augmente dans les trois autres régions, encouragé par une baisse du salaire.

Utilisation de l'eau d'irrigation par branche de production agricole							
Région sud-est				Région sud-ouest			
Branches	Référence	Niveau	Variation	Branches	Référence	Niveau	Variation
ANISE	0,14	0,05	-66,29	ANISO	0,09	0,08	-8,09
GRAISE	2,66	0,36	-86,39	GRAISO	0,48	0,37	-22,38
MARASE	0,15	0,03	-79,61	MARASO	0,08	0,06	-20,14
ARBOSE	0,11	0,02	-80,14	ARBOSO	0,34	0,27	-19,70
OLEASE	0,21	0,03	-85,35	OLEASO	0,11	0,08	-22,48
LEGUSE	0,10	0,01	-85,47	LEGUSO	0,00	0,00	-21,15
SUCRSE	0,16	0,03	-79,33	SUCRSO	0,00	0,00	-14,02
Région nord-est				Région nord-ouest			
Branches	Référence	Niveau	Variation	Branches	Référence	Niveau	Variation
ANINE	0,04	0,03	-7,65	ANINO	0,04	0,04	-4,36
GRAINE	0,56	0,31	-43,61	GRAINO	1,86	0,97	-48,18
MARANE	0,02	0,01	-32,79	MARANO	0,06	0,04	-37,44
ARBONE	0,05	0,03	-31,56	ARBONO	0,06	0,04	-37,67
OLEANE	0,03	0,02	-41,60	OLEANO	0,34	0,18	-48,13
LEGUNE	0,04	0,02	-41,44	LEGUNO	0,17	0,09	-48,19
SUCRNE	0,01	0,01	-33,18	SUCRNO	0,07	0,04	-36,11

**Tableau 24. Utilisation de l'eau d'irrigation par branche de production agricole**

Tout comme dans la première simulation, les substitutions et la baisse du coût de certains intrants, tels les fertilisants (baisse de 35,88%), les produits industriels (baisse de 0,48%), les services marchands (baisse de 1,32%) et le salaire (baisse de 0,53%), ne permettent pas de renverser l'effet de l'augmentation du prix de l'eau dans la production et les prix à la production augmentent pour l'ensemble des branches agricoles, entre 2,62% et 8,89%, tel que présenté dans le tableau 25. L'augmentation des prix à la production fait diminuer les exportations, augmenter les prix domestique et augmenter

les importations. Tel que discuté lors de la première simulation, les importations font diminuer le prix composite par rapport au prix domestique pour les produits importés, mais la substitution imparfaite entre le produit local et le produit étranger entraîne tout de même une augmentation des prix composites, soit les prix sur le marché intérieur, une augmentation variant entre 2,71% et 7,34% selon les produits agricoles, tel que précisé au tableau 25.

<b>Prix à la production <math>P_g</math></b>			
<b>Produits</b>	<b>Référence</b>	<b>Niveau</b>	<b>Variation</b>
ANI	1	1,03	2,74
OLEA	1	1,05	4,88
LEGU	1	1,04	4,18
GRAI	1	1,09	8,89
MARA	1	1,03	2,7
ARBO	1	1,03	2,62
SUCR	1	1,03	2,71
<b>Prix domestiques <math>P_d</math></b>			
<b>Produits</b>	<b>Référence</b>	<b>Niveau</b>	<b>Variation</b>
ANI	1,02	1,05	2,74
OLEA	1,02	1,07	5,25
LEGU	1,01	1,05	4,18
GRAI	1,02	1,11	8,89
MARA	1,02	1,05	3,2
ARBO	1,03	1,06	3,02
SUCR	1,02	1,05	2,71
<b>Prix composites <math>P_q</math></b>			
<b>Produits</b>	<b>Référence</b>	<b>Niveau</b>	<b>Variation</b>
ANI	1,02	1,05	2,73
OLEA	1,02	1,07	4,88
LEGU	1,01	1,04	2,99
GRAI	1,02	1,1	7,34
MARA	1,02	1,05	3
ARBO	1,03	1,06	3,02
SUCR	1,02	1,05	2,71

**Tableau 25. Prix à la production, prix domestiques et prix composites par produit agricole.**

L'augmentation des prix des biens agricoles se répercute sur les demandes pour ces biens. En effet, l'investissement, la consommation et la demande de biens agricoles comme intrants diminuent, et la demande composite de l'ensemble des biens agricoles se trouve diminuée en moyenne de 1,87%, versus 0,12% dans la simulation précédente. La demande domestique diminue plus fortement que la demande composite, en

moyenne de 2,31%, versus 0,19% dans la première simulation, indiquant la substitution vers les biens étrangers effectués par les différents consommateurs. La production céréalière représente le secteur le plus touché par la diminution de demande composite, en raison de l'utilisation intensive de l'eau dans ce secteur et de la faible élasticité de substitution avec le produit importé. De plus, la région sud-est, qui présente l'augmentation de prix de l'eau la plus substantielle, est responsable de 35% de la production céréalière à la situation de référence, ce qui contribue à l'augmentation du prix à la production du secteur sur le plan national.

La baisse de la demande pour les produits agricoles domestiques fait chuter la production pour les branches agricoles, entre 1,88% et 3,90% selon les produits, comparativement à une baisse entre 0,10% et 0,35% lors de la première simulation. La baisse de production est plus importante dans la région sud-est, où l'augmentation du prix de l'eau est la plus importante, et particulièrement pour les céréales, les légumineuses et les oléagineux, les trois cultures les plus intensives en eau dans cette région. La production agricole totale de la région sud-est chute de 6,27% suite à la simulation, comparativement à une baisse de 2,27% dans le sud-ouest, 0,96% dans le nord-est et 0,36% dans le nord-ouest.

La région sud-ouest est la deuxième région la plus affectée par la simulation, malgré le fait cette région présente la plus faible augmentation du prix de l'eau d'irrigation. Tout comme dans la première simulation, c'est l'intensité avec laquelle l'eau est utilisée pour l'ensemble des productions agricoles de cette région, couplé à des élasticités de

substitutions restrictives dans les fonctions de production, qui pénalisent la production agricole de la région. Les oléagineux représentent la culture la plus affectée dans la région, en raison de la facilité de substitution de ce produit pour le produit importé (les importations augmentent de 4,45%) et de la baisse de 8,09% des exportations pour les oléagineux. La culture céréalière et les légumineuses sont moins affectées, en raison du transfert de production du sud-est vers le sud-ouest, plus favorisé par la simulation.

Les régions du nord sont moins affectées par la simulation que les régions du sud en termes de production agricole. En effet, ces régions présentent une intensité d'utilisation de l'eau plus faible et des augmentations de prix moins substantielles que les régions du sud, ce qui les avantage. De cette façon, la production céréalière nationale étant grandement affectée dans les régions du sud, en particulier dans le sud-est, où elle diminue de 11,26%, la production céréalière du nord diminue très peu (0,07%) dans le nord-est et augmente de 0,48% dans le nord-ouest, de façon à répondre à la demande nationale pour un produit présentant une élasticité de substitution restrictive par rapport aux importations. Ce transfert de production se produit aussi pour les autres produits intensifs en eau, soit les oléagineux et les légumineuses, dont la production diminue peu dans le nord. Les productions agricoles les plus affectées dans les régions du nord sont l'arboriculture et la production maraîchère, en raison des exportations pour ces produits, qui chutent respectivement de 5,68% et de 7,04%. Les variations de production agricole par produits et par branches de production sont présentées dans les tableaux 26 et 27.



Production agricole par produits			
Produits	Référence	Niveau	Variation
ANI	21,48	21,08	-1,88
OLEA	6,52	6,36	-2,44
LEGU	3,88	3,79	-2,35
GRAI	31,86	30,61	-3,90
MARA	11,73	11,44	-2,49
ARBO	20,75	20,18	-2,73
SUCR	10,01	9,80	-2,03

**Tableau 26. Production agricole par produit agricole**

Production agricole par branches de production							
Région sud-est				Région sud-ouest			
Branches	Référence	Niveau	Variation	Branches	Référence	Niveau	Variation
ANISE	8,37	8,12	-2,92	ANISO	4,51	4,44	-1,61
GRAISE	11,19	9,93	-11,27	GRAISO	1,79	1,75	-2,12
MARASE	4,92	4,74	-3,70	MARASO	2,13	2,08	-2,24
ARBOSE	3,84	3,67	-4,48	ARBOSO	9,91	9,65	-2,58
OLEASE	1,37	1,24	-9,62	OLEASO	0,62	0,60	-2,78
LEGUSE	0,79	0,71	-9,61	LEGUSO	0,01	0,01	-2,55
SUCRSE	5,24	5,07	-3,28	SUCRSO	0,05	0,05	-1,11
Région nord-est				Région nord-ouest			
Branches	Référence	Niveau	Variation	Branches	Référence	Niveau	Variation
ANINE	4,18	4,14	-1,05	ANINO	4,42	4,38	-0,98
GRAINE	4,33	4,33	-0,07	GRAINO	14,55	14,62	0,48
MARANE	1,17	1,15	-1,39	MARANO	3,51	3,46	-1,29
ARBONE	3,17	3,10	-2,03	ARBONO	3,83	3,76	-1,94
OLEANE	0,33	0,32	-0,55	OLEANO	4,21	4,20	-0,17
LEGUNE	0,59	0,58	-0,69	LEGUNO	2,49	2,48	-0,41
SUCRNE	0,53	0,53	-0,72	SUCRNO	4,19	4,16	-0,64

**Tableau 27. Production agricole par branches de production**

Bref, la tarification au coût marginal entraîne davantage de disparités dans les effets sur la production agricole selon les régions, en raison des variations de prix qui ne sont pas les mêmes entre les régions. La région sud-est, présentant la plus forte demande en

eau d'irrigation, est la région la plus affectée en termes de production et en termes d'emploi agricole, présentant une diminution de production agricole de 6,27%, comparativement à une baisse de 2,27% dans le sud-ouest, 0,96% dans le nord-est et 0,36% dans le nord-ouest et une baisse de 1,54% d'emplois agricole, versus une baisse de 0,32% dans le sud-ouest et une hausse de 1,59% dans le nord-est et de 3,33% dans le nord-ouest. En agrégé, l'emploi agricole augmente de 0,68% et la production chute de 2,77%, pour une diminution de l'utilisation de l'eau agricole considérable, soit de 59,34% pour l'ensemble du pays.

## **2. Branches industrielles et services marchands**

Tout comme dans la première simulation, les branches industrielles et marchandes font face à une diminution de la rente du capital industriel (baisse de 1,37%) et une baisse du salaire (baisse de 0,53%), ce qui diminue le prix de la valeur ajoutée pour ces secteurs. Les branches font cependant face à une augmentation plus importante des prix des intrants agricoles (entre 2,71% et 7,33% versus 0,45% et 1,10% à la première simulation), qui représentent 15% des intrants pour les branches industrielles mais une part nulle des intrants des branches productrices de fertilisants. Une autre différence majeure par rapport à la première simulation réside dans la baisse importante du prix de l'eau pour ces branches (89,69% dans le nord-est, 86,55 dans le nord-ouest, 81,36% dans le sud-est et 90,79% dans le sud-ouest). L'intrant eau représente 1,32% des intrants industriels et 22% des intrants pour le secteur producteur de fertilisants. Ainsi, alors que les services marchands et les branches industrielles présentent des résultats similaires à

la première simulation, le secteur des fertilisants est grandement avantagé par la simulation, en raison de la part nulle des intrants agricoles dans sa production et de la part importante que prend l'eau, dont le prix diminue. Ainsi, le prix à la production des branches productrices de fertilisants diminue de 19,46%, versus 0,54% pour les branches industrielles et 1,10% pour les services marchands. Les exportations du secteur fertilisant augmentent de 199,80%, la production de 169,05% et même la demande domestique augmente, malgré la diminution de la production agricole. En effet, le gouvernement consomme des fertilisants à la situation de référence, afin de les distribuer aux agriculteurs. La baisse de leur prix augmente donc leur consommation au gouvernement, de 55,96%.

### **3. Services non marchands**

Alors que l'épargne du gouvernement connaît une hausse importante de 18,27% suite à la première simulation, celle-ci diminue de 54,08% dans cette présente simulation. En effet, la production de l'eau dans la première simulation diminue de 6,51% dans le nord-est, 7,08% dans le nord-ouest, 7,30% dans le sud-est et 7,32% pour le sud-ouest, alors que la production de l'eau dans la deuxième simulation augmente dans trois régions. C'est l'augmentation de la consommation d'eau par les ménages, de 88,55% dans le sud-est, 176,39% dans le nord-ouest, 325,91% dans le sud-ouest et 332,18% dans le nord-est, couplé à l'augmentation de l'utilisation de l'eau dans l'industrie et le secteur marchand (entre 353% et 1464% d'augmentation) qui renverse les diminutions d'eau utilisé en irrigation dans les régions du nord et celle du sud-ouest,

engendrant une augmentation de production d'eau de 4,88% dans le nord-est, de 5,30% dans le nord-ouest et de 9,10% dans le sud-ouest. Il n'y a que dans le sud-est que la production totale d'eau diminue, de 35,95%, en raison de la diminution plus marquée de l'eau agricole dans la région. Les subventions augmentent ainsi dans les régions du nord ainsi que dans la région du sud-ouest, et ces augmentations de subventions représentent une valeur supérieure à la diminution de subvention dans la région sud-est, ce qui affecte négativement l'épargne gouvernementale. L'augmentation des subventions augmente de façon plus importante dans le nord-ouest, où la quantité d'eau produite est la plus importante, tel que présenté dans les tableaux 28 et 29.

Production d'eau par région			
Produits	Référence	Niveau	Variation
EAUNE	0,81	0,85	4,88
EAUNO	3,03	3,20	5,30
EAUSE	4,05	2,59	-35,95
EAUSO	1,17	1,28	9,10
Total	9,06	7,92	-12,66

**Tableau 28. Production d'eau par région**

Subventions au secteur de l'eau par région			
Produits	Référence	Niveau	Variation
EAUNE	0	0,40	40,26
EAUNO	0	1,70	170,10
EAUSE	0	-0,49	-48,79
EAUSO	0	0,66	65,75

**Tableau 29. Subventions au secteur de l'eau, par région**

#### **4. Ménage**

La variation équivalente pour la deuxième simulation est positive et égale à 4655,51. Ceci signifie que le ménage aurait un niveau de bien-être pré-simulation équivalente à son bien-être post-simulation si son revenu pré-simulation était augmenté de 4655,51 dirhams, soit 11,57% de son revenu initial. Cette situation indique une hausse de bien-être pour le ménage malgré la baisse de salaire et la hausse du prix des biens agricoles, ce qui peut être expliqué principalement par la diminution importante des prix de l'eau pour les ménages, présenté au tableau 21, ce qui diminue le prix du panier de biens minimaux pour le ménage.

#### **5. Secteur de l'eau**

La diminution importante de l'usage de l'eau d'irrigation (59,34%) se trouve épongée par les prix de l'eau qui diminuent pour l'industrie et les ménages, favorisant la consommation d'eau dans ces secteurs (augmentation de 173,78% pour les ménages et de 433,69% dans l'industrie). L'effet final en volume est tout de même une diminution, en raison de l'importance de la consommation d'eau irriguée (88% de l'eau consommée à la situation de référence). Ainsi, la production nationale de l'eau diminue de 12,66% dans le pays après cette simulation, versus 7,16% dans la première simulation. Or, alors que les régions présentent toutes une diminution similaire de leur production d'eau dans la première simulation, la tarification au coût marginal entraîne une variation de production très différente selon les régions, soit une augmentation de la production

d'eau dans trois des quatre régions, avec seulement la région sud-est qui présente une diminution de la production.

Bref, la tarification marginale, qui permet l'atteinte d'une allocation optimale de la ressource au sens de Pareto et ainsi favorise la conservation de la ressource, entraîne effectivement une diminution plus importante de l'utilisation de l'eau au pays que la hausse de tarification de 10%. Cette baisse de production d'eau provient principalement de la hausse importante des prix de l'eau d'irrigation, soit une augmentation de 97,89% dans le nord-est, 101,81% dans le nord-ouest, 487,36% dans le sud-est et 38,65% dans le sud-ouest. La hausse est particulièrement importante dans le sud-est, où les demandes pour l'eau sont les plus importantes, ce qui affecte plus fortement la production agricole dans cette région. Les ménages et l'industrie font face à une diminution importante du prix de l'eau, entre 81,36% et 94,81% selon les régions, et ce sont surtout les branches productrices de fertilisants, qui utilisent l'eau de façon intensive, qui profitent de cette baisse. Les ménages présentent une augmentation de leur bien-être suite à la simulation, mesurée par la variation équivalente, principalement en raison des diminutions des prix de l'eau. Or, bien qu'une réallocation de la ressource ait lieu suite à la tarification au coût marginal, ce n'est pas au profit de l'État, l'épargne gouvernementale diminuant de 54,08% suite à la simulation, en raison de la hausse des subventions au secteur de l'eau dans les trois régions présentant des augmentations de production.

## **CHAPITRE 5. Conclusions**

Dans ce mémoire, nous avons amélioré le modèle proposé par Decaluwé, Patry et Savard (1998) à plusieurs niveaux. Premièrement, une décomposition de la production en eau a été appliquée pour mieux refléter la gestion de l'eau par bassin hydrographique. Deuxièmement, les branches agricoles ont été désagrégées pour mieux prendre en compte les caractéristiques de production des différentes branches et plus particulièrement leur intensité en utilisation en eau. Troisièmement, la calibration de la production en eau, s'appui davantage sur les données observés dans le secteur et finalement la base de données initiales datant de 1985 a été actualisé à des données de 2003. Ces modifications nous ont permis de clarifier, dans le contexte actuel, les effets directs et indirects d'une augmentation des tarifs de l'eau agricole et de comparer les impacts de deux tarifications différentes, soit une augmentation de 10% des prix de l'eau d'irrigation et une tarification au coût marginal pour l'ensemble des prix de l'eau au pays. L'augmentation de 10% entraîne une augmentation de l'emploi agricole pour l'ensemble des régions, une faible diminution de la production agricole (entre 0,07% et 1,64% selon les branches de production) et une diminution de la production d'eau entre 6,51% et 7,32% selon les régions. Les résultats obtenus avec cette simulation ne permettent donc pas la vérification des inquiétudes soulevées par rapport à l'exode rural et semble démontrer que la sécurité alimentaire serait peu atteinte par ce mode de tarification. Par ailleurs, l'objectif d'une meilleure conservation de l'eau est atteint par cette simulation, de façon relativement uniforme à travers les régions. En effet, les régions du sud, qui présentent les taux d'exploitation de leurs ressources en eau les plus

élevés, diminue leur production d'eau de la même variation (à moins d'un point de pourcentage près) que la région du nord-ouest, la mieux pourvue en eau. Ce résultat n'est pas optimal pour la conservation de l'eau au pays car les régions du sud sont plus sensibles au stress hydrique que les régions du nord. Or, l'ensemble de ces résultats semblent indiquer qu'il y a place pour ce type de tarification au pays, avec des résultats positifs pour la ressource et l'emploi rural, et ce principalement grâce à la possibilité qu'on les producteurs à substituer des intrants dans leur fonction de production.

La deuxième simulation effectuée, la tarification au coût marginal, entraîne des hausses de prix de l'eau d'irrigation beaucoup plus importantes que la première simulation, soit des hausses de 97,89% dans le nord-est, 101,81% dans le nord-ouest, 487,36% dans le sud-est et 38,65% dans le sud-ouest alors que les ménages et l'industrie font face à une diminution importante du prix de l'eau, entre 81,36% et 94,81% selon les régions. L'objectif de conservation de l'eau est atteint avec plus de force que dans la première simulation, or les régions supportent cette diminution différemment et ce n'est que la région sud-est qui diminue sa production d'eau, les trois autres régions augmentant leur production respective. La région sud-est présentant un taux d'exploitation de ses ressources hydriques supérieures aux régions du nord, la diminution dans cette région au détriment des régions du nord peut présenter un point positif en termes de conservation. Cependant, la région sud-ouest arbore un taux d'exploitation de ses ressources en eau supérieur à celui du sud-est, et l'augmentation de la production d'eau dans cette région suite indique une détérioration de la situation pour cette région déjà fragile au stress hydrique. Ainsi, bien que la tarification au coût



marginal entraîne un impact plus important au niveau national sur la conservation de l'eau, l'augmentation de 10% semble plus appropriée en raison de l'uniformité de la diminution entre les régions.

Par ailleurs, la hausse de 10% des tarifs entraîne un impact moins dépressif sur la production alimentaire et positif pour l'emploi agricole, et ce pour l'ensemble des régions, alors que la région sud-est présente une diminution de production agricole de 6,27% et l'emploi agricole chute de 1,54% suite à la deuxième simulation. Les résultats de la simulation de tarification au coût marginal ne peuvent donc rejeter l'hypothèse que cette forme de tarification pourrait entraîner un exode rural, particulièrement dans la région sud-est, suite à la diminution de l'emploi agricole dans la région.

Il est aussi intéressant de comparer nos résultats avec ceux obtenus à partir du modèle construit par Goldin et Roland-Holst (1995) et ceux obtenus par Decaluwé, Patry et Savard (1998). Goldin et Roland-Holst, en doublant le tarif de l'eau destiné à l'agriculture, avaient observé une baisse importante de l'utilisation de l'eau au pays, soit de 28,66%, un effet positif sur l'épargne du gouvernement (0,56%) et une baisse importante de la production agricole irriguée, de 25,40%. Ces résultats ressemblent à ceux obtenus dans ce mémoire lors de la première simulation bien que le niveau diffère. En effet, l'augmentation de 10% simulé dans ce mémoire entraîne aussi une diminution de l'utilisation de l'eau au pays, un effet positif sur l'épargne gouvernementale et une baisse de la production agricole, moins accentuée, pouvant être expliqué par la fonction de production agricole utilisée dans ce mémoire, qui permet des substitutions entre l'eau

et d'autres consommations intermédiaires. Les résultats s'apparentent aussi à ceux obtenus par Decaluwé, Patry et Savard (1998). En effet, ces auteurs avaient observés que la tarification au coût marginal diminue la consommation d'eau de 4,9% dans le nord et de 8,0% dans le sud alors que l'augmentation de la tarification de 10% engendre des réductions de 7,1% dans le nord et de 0,2% dans le sud. L'actualisation des données et les modifications apportées au modèle permettent d'observer des réductions plus importantes dans la consommation d'eau pour les deux simulations, et des diminutions plus uniformes pour l'augmentation de tarification de 10%, ce qui permet de conclure avec plus de vigueur que cette augmentation est toujours pertinente dans le contexte actuel.

Dans un autre ordre d'idée, les impacts de ces simulations sur les ménages sont mal évalués dans ce mémoire. En effet, la variation équivalente est un indice agrégé sur l'ensemble des ménages qui ne permet pas l'identification des classes de ménages les plus touchées par les simulations. L'ajout d'un modèle sous-jacent qui permettrait une évaluation plus fine des conséquences des simulations sur les différentes catégories de ménages permettrait peut-être de mieux cerner les groupes désavantagés par la tarification au coût marginal, de façon à les compenser. Une étude en ce sens permettrait d'apporter des éclairages important pour la mise en œuvre de hausse du prix de l'eau.

## **ANNEXES**

## Annexe A. Équations

### Production de l'eau

1.  $Ld_{eau} = lio_{eau} Kl_{eau}$
2.  $K_{eau} = lio_{eau} Kl_{eau}$
3.  $Kl_{eau} = \phi_{eau} \log \left( \frac{\psi_{eau}}{\psi_{eau} - wat_{eau}} \right)^{\left(\frac{1}{\delta}\right)}$
4.  $\psi = \varpi_{eau} + \varrho_{eau} pluie_{eau}$
5.  $Wat_{eau} = Xs_{eau} - Eb_{eau}$
6.  $Eb_{eau} = \chi_{eau} \bar{K}_{eau}^{\mu} + \eta_{eau} pluie_{eau}$
7.  $Ct_{eau} = \bar{r}_{eau} \bar{K}_{eau} + Pkl_{eau} Kl_{eau}$
8.  $Cm_{eau} = \bar{r}_{eau} + \frac{Pkl_{eau} \phi_{eau} \log \left( \frac{\psi_{eau}}{\psi_{eau} - wat_{eau}} \right)^{\left(\frac{1}{\delta}\right)}}{\delta_{eau} (\psi_{eau} - wat_{eau})}$

### Production autres industries

9.  $Va_{gi} = A_{gi} Ld_{gi}^{\alpha} K_{gi}^{1-\alpha}$
10.  $Ld_{gi} = \frac{Pva2_{gi} \alpha_{gi} Va_{gi}}{w}$
11.  $K_{gi} = \frac{Pva2_{gi} (1-\alpha_{gi}) Va_{gi}}{rd}$

$$12. Cit_{gi} = \frac{io_{gi}va_{gi}}{v_{gi}}$$

$$13. Xs_{gi} = \frac{Cit_{gi}}{io_{gi}}$$

### Production agricole

$$14. Kc_{ag} = B_{ag}^k (\delta_{ag}^k K_{ag}^{-\gamma_k} + (1 - \delta_{ag}^k) Ter_{ag}^{-\gamma_k})^{-\left(\frac{1}{\gamma_k}\right)}$$

$$15. Ter_{ag} = \left(\frac{1-\delta_{ag}^k}{\delta_{ag}^k}\right)^{\sigma_k} \left(\frac{ra}{rt_{ag}}\right)^{\sigma_k} K_{ag}$$

$$16. Cie_{ag} = B_{ag} (\delta_{ag} eau_{ag}^{-\gamma} + (1 - \delta_{ag}) Fet_{ag}^{-\gamma})^{-\left(\frac{1}{\gamma}\right)}$$

$$17. Eauc_{ag} = \left(\frac{\delta_{ag}}{1-\delta_{ag}}\right)^{\sigma_{ag}} \left(\frac{pq_{fer}}{peauc}\right)^{\sigma_{ag}} Fet_{ag}$$

$$18. O_{ag} = eauc_{ag} - \rho_{eau} pluie_{eau}$$

$$19. Ip_{ag} = B_{ag}^i (\delta_{ag}^i K_{ag}^{-\gamma_i} + (1 - \delta_{ag}^i) Cie_{ag}^{-\gamma_i})^{-\left(\frac{1}{\gamma_i}\right)}$$

$$20. Cie_{ag} = \left(\frac{1-\delta_{ag}^i}{\delta_{ag}^i}\right)^{\sigma_i} \left(\frac{pkc_{ag}}{pce_{ag}}\right)^{\sigma_i} Kc_{ag}$$

$$21. Rx_{ag} = B_{ag}^r (\delta_{ag}^r Ip_{ag}^{-\gamma_r} + (1 - \delta_{ag}^r) Ld_{ag}^{-\gamma_r})^{-\left(\frac{1}{\gamma_r}\right)}$$

$$22. Ld_{ag} = \left(\frac{1-\delta_{ag}^r}{\delta_{ag}^r}\right)^{\sigma_r} \left(\frac{pxi_{ag}}{w_{ag}}\right)^{\sigma_r} Ip_{ag}$$

$$23. Xs_{ag} = \frac{Cia_{ag}}{ha1_{ag}}$$

$$24. Cia_{ag} = \frac{ha1_{ag} Rx_{ag}}{ha2_{ag}}$$

## Consommation intermédiaires

$$25. Icj_{ai,ga} = fij_{ai,ga} Cia_{ai,ga}$$

$$26. Icj_{l,svr} = aij_{l,svr} Cit_{l,svr}$$

$$27. Icj_{ind,indu} = Ciii_{indu}$$

$$28. Icj_{eaune,indne} = Ciei_{indne}$$

$$29. Icj_{eauno,indno} = Ciei_{indno}$$

$$30. Icj_{eause,indse} = Ciei_{indse}$$

$$31. Icj_{eauso,indso} = Ciei_{indso}$$

$$32. Icj_{eaune,ferne} = Cife_{ferne}$$

$$33. Icj_{eauno,ferno} = Cife_{ferno}$$

$$34. Icj_{eause,ferse} = Cife_{ferse}$$

$$35. Icj_{eauso,ferso} = Cife_{ferso}$$

$$36. Icj_{ind,ferne} = Ciii_{ferne}$$

$$37. Icj_{ind,ferno} = Ciii_{ferno}$$

$$38. Icj_{ind,ferse} = Ciii_{ferse}$$

$$39. Icj_{ind,ferso} = Ciii_{ferso}$$

$$40. Icj_{agr,indu} = aca_{agr,indu} Ciai_{indu}$$

$$41. Icj_{svm,infe} = Cisir_{infe}$$

$$42. Cia_{ind} = B_{ind}^{ae} (\delta_{ind}^{ae} Ciai_{ind}^{-\gamma_{ae}} + (1 - \delta_{ind}^{ae}) Ciei_{ind}^{-\gamma_{ae}})^{-\left(\frac{1}{\gamma_{ae}}\right)}$$

$$43. Ciei_{ind} = \left(\frac{1 - \delta_{ind}^{ae}}{\delta_{ind}^{ae}}\right)^{\sigma_{ae}} \left(\frac{P_{agr,ind}}{P_{wi,eau}}\right)^{\sigma_{ae}} Ciai_{ind}$$

$$44. Cic_{ind} = B_{ind}^{iae} (\delta_{ind}^{iae} Ciae_{ind}^{-\gamma_{iae}} + (1 - \delta_{ind}^{iae}) Ciii_{ind}^{-\gamma_{iae}})^{-\left(\frac{1}{\gamma_{iae}}\right)}$$

$$45. Ciae_{ind} = \left(\frac{1 - \delta_{ind}^{iae}}{\delta_{ind}^{iae}}\right)^{\sigma_{iae}} \left(\frac{P_{cae_{ind}}}{P_{wq_{ind}}}\right)^{\sigma_{iae}} Ciii_{ind}$$

$$46. Cic_{fer} = B_{fer}^{ie} (\delta_{fer}^{ie} Cife_{fer}^{-\gamma_{ie}} + (1 - \delta_{fer}^{ie}) Ciii_{fer}^{-\gamma_{ie}})^{-\left(\frac{1}{\gamma_{ie}}\right)}$$

$$47. Cife_{fer} = \left(\frac{1 - \delta_{fer}^{ie}}{\delta_{fer}^{ie}}\right)^{\sigma_{ie}} \left(\frac{P_{w_{fer}}}{P_{q_{ind}}}\right)^{\sigma_{ie}} Ciii_{fer}$$

$$48. Cistr_{infe} = ci1_{infe} Cit_{infe}$$

$$49. Cic_{infe} = ci2_{infe} Cit_{infe}$$

**CES, régions NO NE SE SO**

$$50. Xstn_{yin} = B_{yin}^{cn} (\delta_{yin}^{cn} Xs_{nord-est}^{-\gamma_{cn}} + (1 - \delta_{yin}^{cn}) Xs_{nord-ouest}^{-\gamma_{cn}})^{-\left(\frac{1}{\gamma_{cn}}\right)}$$

$$51. Xstn_{yis} = B_{yis}^{cs} (\delta_{yis}^{cs} Xs_{sud-est}^{-\gamma_{cs}} + (1 - \delta_{yis}^{cs}) Xs_{sud-ouest}^{-\gamma_{cs}})^{-\left(\frac{1}{\gamma_{cs}}\right)}$$

$$52. Xst_{yl} = B_{yl}^c (\delta_{yl}^c Xstn_{sud}^{-\gamma_c} + (1 - \delta_{yl}^c) Xstn_{nord}^{-\gamma_c})^{-\left(\frac{1}{\gamma_c}\right)}$$

$$53. Xst_{xl} = Xstn_{xin}$$

$$54. Xst_{h2o} = Xs_{eau}$$

$$55. Xst_{svm} = Xs_{serm}$$

$$56. Xst_{svnm} = Xs_{sernm}$$

### Tarification au coût marginal

$$57. Pwa_{ane} = cm_{ene}$$

$$58. Pwa_{ano} = cm_{eno}$$

$$59. Pwa_{ase} = cm_{ese}$$

$$60. Pwa_{aso} = cm_{eso}$$

$$61. Pwh_{ene} = cm_{ene}$$

$$62. Pwh_{eno} = cm_{eno}$$

$$63. Pwh_{ese} = cm_{ese}$$

$$64. Pwh_{eso} = cm_{eso}$$

$$65. Pwi_{ene} = cm_{ene}$$

$$66. Pwi_{eno} = cm_{eno}$$

$$67. Pwi_{ese} = cm_{ese}$$

$$68. Pwi_{eso} = cm_{eso}$$

$$69. Pwf_{ene} = cm_{ene}$$

$$70. Pwf_{eno} = cm_{eno}$$

### Revenu et épargne

$$71. Y_m = s \sum Ld_i + p^{index} Tgm + e Twm + p^{index} Tfm + \lambda^{tm} \sum_{ag} Ter_{ag} + \lambda^{km} (\sum_{ag} raK_{ag} + \sum_{in} rdK_{in} + \sum_{eau} \bar{r}_{eau} \bar{K}_{eau})$$

$$72. Y_{dm} = Y_m (1 - \tau^{ym})$$



$$73. Y_f = p^{index}T_{gf} + p^{index}T_{ff} + p^{index}T_{hf} + eT_{wf} + \lambda^{tf} \sum_{ag} r t_{ag} T_{er_{ag}} + \lambda^{kf} (\sum_{ag} r a K_{ag} + \sum_{in} r d K_{in} + \sum_{eau} \bar{r}_{eau} \bar{K}_{eau})$$

$$74. Y_g = \tau^{ym} Y_m + eT_{wg} + \sum_{im1} T x s_{im1} + \sum_{im2} T x s_{im2} + \sum_{vt1} T x s_{vt1} + \sum_{vt2} T x s_{vt2} + \sum_{im} T x m_{im} + \sum_{gi} T x v a_{gi} + (\lambda^{tg} \sum_{ag} r t_{ag} T_{er_{ag}} + \lambda^{kg} (\sum_{ag} r a K_{ag} + \sum_{in} r d K_{in} + \sum_{eau} \bar{r}_{eau} \bar{K}_{eau}))$$

$$75. T x s_{im1} = \tau_{im1}^x (P g_{im1} X s t_{im1} - P e_{im1} E X_{im1}) + \tau_{im1}^x (1 + \tau_{im1}^m) e P w m_{im1} M_{im1}$$

$$76. T x s_{im2} = \tau_{im2}^x (P g_{im2} X s t_{im2}) + \tau_{im2}^x (1 + \tau_{im2}^m) e P w m_{im2} M_{im2}$$

$$77. T x s_{vt1} = \tau_{vt1}^x (P g_{vt1} X s t_{vt1} - P e_{vt1} E x_{vt1})$$

$$78. T x s_{vt2} = \tau_{vt2}^x (P g_{vt2} X s t_{vt2})$$

$$79. T x m_{im} = \tau_{im}^m P w m_{im} e M_{im}$$

$$80. E_m = p m e Y_{dm}$$

$$81. S v e_{h2o} = P_{eau} X s_{eau} - P w h_{h2o} C_{h2o} - \sum_{ag} P w a_{h2o} O_{h2o} - P w i_{h2o} C i e i_{h2o}$$

$$82. E_f = Y_f - e T_{fw} - p^{index}T_{fm} - p^{index}T_{ff} - p^{index}T_{fg}$$

$$83. E_g = Y_g - p^{index}T_{gf} - e T_{gw} - p^{index}T_{gm} - p^{index}T_{gg} - C_g - \sum S v e_{h2o}$$

## Demande

$$84. C_m = Y_{dm} - E_m$$

$$85. C_{ae} = \theta_{ae}^c + \frac{\beta_{ae}^c(C_m - \sum_l P_{ql}\theta_l^c) + \beta_{ae}^g C_g}{P_{qae}}$$

$$86. C_{h2o} = \theta_{h2o}^c + \frac{\beta_{h2o}^c(C_m - \sum_l P_{ql}\theta_l^c) + \beta_{h2o}^g C_g}{P_{wh_{h2o}}}$$

$$87. Intd_{ai} = \sum_{ri} I c_{j_{ai},ri}$$

$$88. Intd_{h2o} = \sum_{gi} I c_{j_{h2o},gi} + \sum_{ag} O_{ag}$$

$$89. Intd_{fer} = \sum_{gi} I c_{j_{fer},gi} + \sum_{ag} F_{er,ag}$$

$$90. Inv_{mar} = \frac{\beta_{mar}^l I_t}{P_{qmar}}$$

### Prix

$$91. Pva_{gi} = \frac{P_{gi} X_{s_{gi}} - \sum_{yt} P_{q_{yt},gi} I c_{j_{yt},gi} - P_{l_{h2o}} I c_{j_{h2o},gi} - T x_{v a_{gi}}}{V a_{gi}}$$

$$92. P1_{mar} = \frac{P d_{mar}}{(1 + \tau_{mar}^x)}$$

$$93. P m_{im} = e P w m_{im} (1 + \tau_{im}^m) (1 + \tau_{im}^x)$$

$$94. P e_{mar} = \frac{P w e_{mar} e}{(1 + \tau_{mar}^e)}$$

$$95. P q_{im} = \frac{P d_{im} D_{im} + P m_{im} M_{im}}{Q_{im}}$$

$$96. P q_{nim} = \frac{P d_{nim} D_{im}}{Q_{nim}}$$

$$97. P g_{mar} = \frac{P1_{mar} D_{mar} + P e_{mar} (1 + \tau_{mar}^e) E x_{mar}}{X s t_{mar}}$$

$$98. P_{g_{svnm}} = \frac{P_{d_{svnm}} D_{svnm}}{X_{st_{svnm}}}$$

$$99. P_{kl_{eau}} = \frac{rd K_{eau} + w L_{eau}}{K_{eau}}$$

$$100. P_{w_{eau}} = \frac{P_{kl_{eau}} K_{eau}}{W_{eau}}$$

$$101. \bar{r}_{eau} = \frac{P_{e_{eau}} E_{eau}}{\bar{K}_{eau}}$$

$$102. P_{eau} = \frac{\bar{r}_{eau} \bar{K}_{eau} + P_{w_{eau}} W_{eau}}{X_{eau}}$$

$$103. P_{kc_{ag}} = \frac{P_{xi_{ag}} I_{pag} - P_{ce_{ag}} C_{ie_{ag}}}{K_{c_{ag}}}$$

$$104. r_{tag} = \frac{P_{kc_{ag}} K_{c_{ag}} - r_a K_{ag}}{T_{e_{tag}}}$$

$$105. P_{ce_{ag}} = \frac{P_{q_{fer}} F_{e_{tag}} - P_{e_{auc_{ag}}} e_{auc_{ag}}}{C_{ie_{ag}}}$$

$$106. P_{e_{auc_{ag}}} = \frac{P_{a_{hzo}} O_{ag} + P_{eau} P_{pluie_{eau}} pluie_{eau}}{e_{auc_{ag}}}$$

$$107. P_{xi_{ag}} = \frac{P_{rx_{ag}} R_{x_{ag}} - w L_{d_{ag}}}{I_{pag}}$$

$$108. P_{rx_{ag}} = \frac{P_{ag} X_{s_{ag}} - \sum_{ai} P_{q_{ai}} I_{c_{j_{ai}, ag}}}{R_{x_{ag}}}$$

$$109. P_{ynord-ouest} = \left( \frac{X_{snord-est}}{X_{snord-ouest}} \right)^{\left( \frac{1}{\sigma_{cn}} \right)} \left( \frac{1 - \delta^{cn}}{\delta^{cn}} \right) P_{ynord-est}$$

$$110. P_{ysud-ouest} = \left( \frac{X_{ssud-est}}{X_{ssud-ouest}} \right)^{\left( \frac{1}{\sigma_{cs}} \right)} \left( \frac{1 - \delta^{cs}}{\delta^{cs}} \right) P_{ysud-est}$$

- $$111. \quad Pn_{ynord} = \left( \frac{Xstn_{sud}}{Xstn_{nord}} \right)^{\left( \frac{1}{\sigma_{cn}} \right)} \left( \frac{1-\delta^c}{\delta^c} \right) Pn_{ysud}$$
- $$112. \quad P_{ysud-est} = \frac{Pn_{yis}Xstn_{yis} - P_{ysud-ouest}X_{Ssud-ouest}}{X_{Ssud-est}}$$
- $$113. \quad P_{ynord-est} = \frac{Pn_{yln}Xstn_{yln} - P_{ynord-ouest}X_{Snord-ouest}}{X_{Snord-est}}$$
- $$114. \quad Pn_{ysud} = \frac{Pg_{yl}Xst_{yl} - Pn_{ynord}Xstn_{nord}}{Xstn_{sud}}$$
- $$115. \quad P_{xn} = Pg_{xn}$$
- $$116. \quad p^{index} = \sum_i \beta_i^x Pq_i$$
- $$117. \quad P_{agr_{ind}} = \sum_{agr} \frac{Pq_{agr}lcj_{agr,indu}}{Cial_{ind}}$$
- $$118. \quad P_{ciae_{indne}} = \frac{(P_{agr_{indne}}Cial_{indne} + Pw_{iene}Ciei_{indne})}{Ciae_{indne}}$$
- $$119. \quad P_{ciae_{indno}} = \frac{(P_{agr_{indno}}Cial_{indno} + Pw_{ieno}Ciei_{indno})}{Ciae_{indno}}$$
- $$120. \quad P_{ciae_{indse}} = \frac{(P_{agr_{indse}}Cial_{indse} + Pw_{iese}Ciei_{indse})}{Ciae_{indse}}$$
- $$121. \quad P_{ciae_{indso}} = \frac{(P_{agr_{indso}}Cial_{indso} + Pw_{ieso}Ciei_{indso})}{Ciae_{indso}}$$

### Commerce extérieur

- $$122. \quad Xst_{mar} = \beta_{mar}^t (\delta_{mar}^t Ex_{mar}^{\gamma_t} + (1 - \delta_{mar}^t) D_{mar}^{\gamma_t})^{\left( \frac{1}{\gamma_t} \right)}$$
- $$123. \quad Xst_{svnm} = Q_{svnm}$$

- $$124. \quad Ex_{mar} = \left( \frac{Pe_{mar}}{P1_{mar}} \right)^{\sigma_t} \left( \frac{(1-\delta_{mar}^t)}{\delta_{mar}^t} \right)^{\sigma_t} D_{mar}$$
- $$125. \quad Q_{im} = \beta_{im}^s (\delta_{im}^s M_{im}^{-\gamma_s} + (1 - \delta_{im}^s) D_{im}^{\gamma_s})^{-\left(\frac{1}{\gamma_s}\right)}$$
- $$126. \quad Q_{nim} = D_{nim}$$
- $$127. \quad M_{im} = \left( \frac{\delta_{im}^s}{(1-\delta_{im}^s)} \right)^{\sigma_s} \left( \frac{pd_{im}}{pm_{im}} \right)^{\sigma_s} D_{im}$$
- $$128. \quad Cab = \sum_{im} Pwm_{im} M_{im} + \left( \frac{1}{e} \right) Tfw + \left( \frac{1}{e} \right) Tgw + \left( \frac{1}{e} \right) Tmw +$$
- $$\left( \frac{1}{e} \right) \lambda^{kw} (\sum_{ag} raK_{ag} + \sum_{in} rdK_{in} + \sum_{eau} \bar{r}_{eau} \bar{K}_{eau}) - Twm - Twg -$$
- $$Twf - \sum_{mar} Pwe_{mar} (1 + \tau_{mar}^e) Ex_{mar}$$

### Équilibre

- $$129. \quad Ls = \sum_i Ld_i$$
- $$130. \quad K_{ta} = \sum_{ag} K_{ag}$$
- $$131. \quad K_{td} = \sum_{in} K_{in}$$
- $$132. \quad It = Sf + Sm + Sg + e Cab$$
- $$133. \quad Q_{yt} = C_{yt} + Intd_{yt} + Inv_{yt}$$
- $$134. \quad Xst_{h2o} = C_{h2o} + Intd_{h2o}$$

## Annexe B. Ensembles

Produits (I)		vt1	vt2	im1	im2	im	mar	marx	ai, agr	h2o	xn	yl	ae
<b>Grai</b>	Céréales				X	X	X		X			X	X
<b>Legu</b>	Légumineuses alimentaires				X	X	X		X			X	X
<b>Mara</b>	Cultures maraîchères			X		X	X	X	X			X	X
<b>Arbo</b>	Arboriculture	X					X	X	X			X	X
<b>Olea</b>	Cultures oléagineuses			X		X	X	X	X			X	X
<b>Sucr</b>	Cultures sucrières		X				X		X			X	X
<b>Ani</b>	Production animales				X	X	X	X	X			X	X
<b>Ind</b>	Industrie			X		X	X	X				X	X
<b>Fer</b>	Fertilisant			X		X	X					X	X
<b>Eaune</b>	Eau nord-est									X			
<b>Eauno</b>	Eau nord- ouest									X			
<b>Eause</b>	Eau sud-est									X			
<b>Eauso</b>	Eau sud-ouest									X			
<b>Svm</b>	Services marchands			X		X	X	X			X		X
<b>Svnm</b>	Services non- marchand		X								X		X

Tableau 30. Les produits

Produits intermédiaires (n)		yin	yis
<b>Grain</b>	Céréales nord	X	
<b>Grais</b>	Céréales sud		X
<b>Legun</b>	Légumineuses alimentaires nord	X	
<b>Legus</b>	Légumineuses alimentaires sud		X
<b>Maran</b>	Cultures maraîchères nord	X	
<b>Maras</b>	Cultures maraîchères sud		X
<b>Arbon</b>	Arboriculture nord	X	
<b>Arbos</b>	Arboriculture sud		X
<b>Olean</b>	Cultures oléagineuses nord	X	
<b>Oleas</b>	Cultures oléagineuses sud		X
<b>Sucrn</b>	Cultures sucrières nord	X	
<b>Sucrs</b>	Cultures sucrières sud		X
<b>Anin</b>	Production animale nord	X	
<b>Anis</b>	Production animale sud		X
<b>Indn</b>	Industrie nord	X	
<b>Inds</b>	Industrie sud		X
<b>Fern</b>	Fertilisant nord	X	
<b>Fers</b>	Fertilisant sud		X

**Tableau 31. Les produits intermédiaires**

Branches (i)	ag	in	eau	gi, in	fe	fer	sr	ind	ind	ane	ano	ase	aso	Ynord-est	Ynord-ouest	Ysud-est	Ysud-ouest
Graine	X									X				X			
Graino	X										X				X		
Graise	X											X				X	
Graiso	X												X				X
Legune	X									X				X			
Leguno	X										X				X		
Leguse	X											X				X	
Leguso	X												X				X
Marane	X									X				X			
Marano	X										X				X		
Marase	X											X				X	
Maraso	X												X				X
Arbone	X									X				X			
Arbono	X										X				X		
Arbose	X											X				X	
Arbos	X												X				X
Oleane	X									X							
Oleano	X										X						
Olease	X											X					
Oleaso	X												X				
Sucrne	X									X							
Sucrno	X										X						
Sucse	X											X					
Sucso	X												X				
Anine	X									X							
Anino	X										X						
Anise	X											X					
Aniso	X												X				
Indne		X		X										X			
Indno		X		X											X		
Indse		X		X												X	
Indso		X		X													X
Ferne		X		X	X									X			
Ferno		X		X	X										X		
Ferse		X		X	X											X	
Ferso		X		X	X												X
Ene		X	X														
Eno		X	X														
Ese		X	X														
Eso		X	X														
Serm		X						X									
Sernm		X						X									

Tableau 32. Les branches de production



## Annexe C. Variables et paramètres

### Variables endogènes

#### Prix

$w$	<i>salaire</i>	$ra$	<i>prix du capital agricole</i>
$rd$	<i>prix du capital industriel</i>	$rt_{ag}$	<i>prix de la terre</i>
$Pkc_{ag}$	<i>prix composite de l'agrégat <math>Kc_{ag}</math></i>	$Pxi_{ag}$	<i>prix composite de l'agrégat <math>Ip_{ag}</math></i>
$Prx_{ag}$	<i>prix composite de l'agrégat <math>Rx_{ag}</math></i>	$Pce_{ag}$	<i>prix composite de l'agrégat <math>Cie_{ag}</math></i>
$Pva_{gi}$	<i>prix valeur ajoutée</i>	$Pq_1$	<i>prix composite de <math>Q_1</math></i>
$Pg_1$	<i>prix de <math>Xst_1</math></i>	$Pe_{mar}$	<i>prix des exportations</i>
$Pm_{im}$	<i>prix des biens importés</i>	$Pkl_{eau}$	<i>prix composite de l'agrégat <math>Kl_{eau}</math></i>
$Pd_1$	<i>prix domestique</i>	$Pciae_{ind}$	<i>prix composite de <math>Ciae_{ind}</math></i>
$Peau_{ag}$	<i>prix de l'eau agricole (eau et pluie) kmjk</i>	$\bar{r}_{eau}$	<i>prix du capital utilisé dans la production d'eau de type 1</i>
$Pagr_{ind}$	<i>prix composite de <math>Ciai_{ind}</math></i>	$P_i$	<i>prix production de la branche i</i>
$Pw_{eau}$	<i>prix composite de <math>Wat_{eau}</math></i>	$P_n$	<i>prix production biens intermédiaires</i>

#### Production et intrants

$Va_{gi}$	<i>valeur ajoutée</i>	$Eb_{eau}$	<i>Production eau de type 1</i>
$Wat_{eau}$	<i>production d'eau de type 2</i>	$K_1$	<i>demande de capital</i>
$Xst_1$	<i>production totale de bien 1</i>	$Kc_{ag}$	<i>intrant composite de <math>K_{ag}</math> et <math>Ter_{ag}</math></i>
$Ld_1$	<i>demande de travail</i>	$Rx_{ag}$	<i>intrant composite de <math>Ip_{ag}</math> et <math>Ld_{ag}</math></i>
$Ip_{ag}$	<i>intrant composite de <math>Kc_{ag}</math> et <math>Cie_{ag}</math></i>	$Cia_{ag}$	<i>autres consommations intermédiaires par les branches agricoles</i>
$Cie_{ag}$	<i>intrant composite d' eau<sub>ag</sub> et <math>Fer_{ag}</math></i>	$Fet_{ag}$	<i>consommations intermédiaires de fertilisants par les branches agricoles</i>
$O_{ag}$	<i>consommations intermédiaires d'eau produite par les branches agricoles</i>	$Kl_{eau}$	<i>intrant composite de <math>K_{eau}</math> et <math>Ld_{eau}</math></i>
$water_{ag}$	<i>consommation totale d'eau produite et d'eau de pluie par les branches agricoles</i>	$Cit_1$	<i>consommations intermédiaires totales</i>
$Ic_{j1,i}$	<i>consommations intermédiaires par branche</i>	$Ciei_{indne}$	<i>consommations intermédiaires d'eau nord-est par l'industrie</i>
$Ciii_{indu}$	<i>consommations intermédiaires industrielles par la branche industrie</i>	$Ciei_{indno}$	<i>consommations intermédiaires d'eau nord-ouest par l'industrie</i>
$Cife_{fer}$	<i>consommations intermédiaires d'eau par les branches fertilisants</i>	$Ciei_{indse}$	<i>consommations intermédiaires d'eau sud-est par l'industrie</i>
$Ciii_{fer}$	<i>consommations intermédiaires industrielles par les branches fertilisants</i>	$Ciei_{indso}$	<i>consommations intermédiaires d'eau sud-ouest par l'industrie</i>
$Ciae_{ind}$	<i>consommations intermédiaires composées par les branches industrielles</i>	$Ciai_{indu}$	<i>consommations intermédiaires agricoles par les branches industrielles</i>

$Cisr_{inf}$	consommations intermédiaires de services par les branches fertilisants et industrielles	$Cic_{ind}$	consommations intermédiaires composites des branches industrielles
$Xstn_n$	production biens intermédiaires nord et sud	$Cic_{fer}$	consommations intermédiaires composites des branches fertilisants
$Xs_i$	production par branches		
<b>Coût de production de l'eau</b>			
$ctot_{eau}$	coût total de production de l'eau	$cm_{eau}$	coût marginal de production de l'eau
<b>Demande</b>			
$Intd_{mar}$	demande intermédiaire	$Inv_{mar}$	investissement
$C_h$	consommation du ménage	$It$	investissement total
$C_l$	consommation totale du bien l	$Cg$	consommation du gouvernement
<b>Revenu et épargne</b>			
$Y_h$	revenu du ménage	$S_f$	épargne de la firme
$Ydh$	revenu disponible du ménage	$S_h$	épargne du ménage
$Yg$	revenu du gouvernement	$Sve_{h2o}$	subventions à la production de l'eau
$Yf$	revenu de la firme	$Txm_{im}$	taxes à l'importation
$Txs_w$	taxes sur la production	$Cab$	balance courante
<b>Échanges</b>			
$Ex_{mar}$	exportations	$D_l$	bien domestique
$Q_l$	bien composite Armington	$M_{im}$	importations

**Tableau 33. Variables endogènes**

Variables exogènes			
$\bar{K}_{eau}$	capital utilisé dans la production d'eau de type 1	$Ls$	offre de travail
$K_{1a}$	capital agricole	$pluie_{eau}$	variation dans la pluviométrie
$Ter_{ak}$	terre	$Kid$	offre de capital industriel
$Tgf$	transferts du gouvernement aux firmes	$Tgm$	transferts du gouvernement au ménage
$Tgw$	transferts du gouvernement au reste du monde	$Twg$	transferts du reste du monde au gouvernement
$Twm$	transferts du reste du monde au ménage	$Tfw$	transferts des firmes au reste du monde
$Pwm_{im}$	prix mondiaux des importations	$Pwe_{mar}$	prix mondiaux des exportations
$e$	taux de change	$Pwh_{h2o}$	redevances pour l'eau domestique
$Pa_{h2o}$	redevances pour l'eau agricole	$Pi_{h2o}$	redevances pour l'eau industrielle
$Peb_{eau}$	prix de la production de l'eau de type 1	$p^{index}$	prix de consommation indexé

Tableau 34. Variables exogènes

## Paramètres

### Production

$\lambda_{io}(\text{eau})$	coefficient technique de la Leontief entre $K_{\text{eau}}$ et $Ld_{\text{eau}}$	$\lambda_{tio}(\text{eau})$	coefficient technique de la Leontief entre $K_{\text{eau}}$ et $Ld_{\text{eau}}$
$\mu(\text{eau})$	paramètre Cobb-Douglas pour production de l'eau $Eb$	$\phi_{\text{eau}}$	paramètre d'échelle weibull
$\delta(\text{eau})$	paramètre d'inflexion weibull	$\omega_{\text{eau}}$	asymptote de la weibull
$\chi(\text{eau})$	coefficient d'échelle pour production $Eb_{\text{eau}}$	$A_{gi}$	paramètre d'échelle Cobb-Douglas
$\alpha_{gi}$	paramètre Cobb-Douglas	$\lambda_{io_{gi}}$	coefficient technique de la Leontief entre $Cit_{gi}$ et $Va_{gi}$
$\nu_{gi}$	coefficient technique de la Leontief entre $Cit_{gi}$ et $Va_{gi}$	$B^k_{ag}$	paramètre d'échelle CES $Kc_{ag}$
$\delta^k_{ag}$	paramètre de distribution CES $Kc_{ag}$	$\gamma^k_{ag}$	paramètre de substitution CES $Kc_{ag}$
$\sigma^k_{ag}$	élasticité de substitution CES $Kc_{ag}$	$B_{ag}$	paramètre d'échelle CES $Cie_{ag}$
$\delta_{ag}$	paramètre de distribution CES $Cie_{ag}$	$\gamma_{ag}$	paramètre de substitution CES $Cie_{ag}$
$\sigma_{ag}$	élasticité de substitution CES $Cie_{ag}$	$B^i_{ag}$	paramètre d'échelle CES $Ip_{ag}$
$\delta^i_{ag}$	paramètre de distribution CES $Ip_{ag}$	$\gamma^i_{ag}$	paramètre de substitution CES $Ip_{ag}$
$\sigma^i_{ag}$	élasticité de substitution CES $Ip_{ag}$	$B^r_{ag}$	paramètre d'échelle CES $Rx_{ag}$
$\delta^r_{ag}$	paramètre de distribution CES $Rx_{ag}$	$\gamma^r_{ag}$	paramètre de substitution CES $Rx_{ag}$
$\sigma^r_{ag}$	élasticité de substitution CES $Rx_{ag}$	$ha1_{ag}$	coefficient technique de la Leontief entre $Rx_{ag}$ et $Cia_{ag}$
$ha2_{ag}$	coefficient technique de la Leontief entre $Rx_{ag}$ et $Cia_{ag}$	$aij1_{gi}$	coefficient input-output
$fij_{al,ag}$	coefficient input-output pour les branches agricoles	$B^{ae}_{ind}$	paramètre d'échelle CES $Ciae_{ind}$
$\delta^{ae}_{ind}$	paramètre de distribution CES $Ciae_{ind}$	$\gamma^{ae}_{ind}$	paramètre de substitution CES $Ciae_{ind}$
$\sigma^{ae}_{ind}$	élasticité de substitution CES $Ciae_{ind}$	$B^{iae}_{ind}$	paramètre d'échelle CES $Cic_{ind}$
$\delta^{iae}_{ind}$	paramètre de distribution CES $Cic_{ind}$	$\gamma^{iae}_{ind}$	paramètre de substitution CES $Cic_{ind}$
$\sigma^{iae}_{ind}$	élasticité de substitution CES $Cic_{ind}$	$B^{ie}_{fer}$	paramètre d'échelle CES $Cic_{fer}$
$\delta^{ie}_{fer}$	paramètre de distribution CES $Cic_{fer}$	$\gamma^{ie}_{fer}$	paramètre de substitution CES $Cic_{fer}$
$\sigma^{ie}_{fer}$	élasticité de substitution CES $Cic_{fer}$	$ci1_{infe}$	coefficient technique Leontief
$ci2_{infe}$	coefficient technique Leontief	$B^f_{yl}$	paramètre d'échelle CES $Xst_{yl}$
$\delta^f_{yl}$	paramètre de distribution CES $Xst_{yl}$	$\gamma^f_{yl}$	paramètre de substitution CES $Xst_{yl}$
$\sigma^f_{yl}$	élasticité de substitution CES $Xst_{yl}$	$B^{cn}_{yin}$	paramètre d'échelle CES $Xstn_{yin}$
$\delta^{cn}_{yin}$	paramètre de distribution CES $Xstn_{yin}$	$\gamma^{cn}_{yin}$	paramètre de substitution CES $Xstn_{yin}$
$\sigma^{cn}_{yin}$	élasticité de substitution CES $Xstn_{yin}$	$B^{cs}_{yis}$	paramètre d'échelle CES $Xstn_{yis}$
$\delta^{cs}_{yis}$	paramètre de distribution CES $Xstn_{yis}$	$\gamma^{cs}_{yis}$	paramètre de substitution CES $Xstn_{yis}$
$\sigma^{cs}_{yis}$	élasticité de substitution CES $Xstn_{yis}$	$B^t_i$	poids pour l'indexation des prix
$aca_{agr,indu}$	paramètre de la Leontief entre $Cia1_{ind}$ et $Ic1_{agr,indu}$		

### Revenu

$\lambda^{km}$	part de revenu du capital appartenant au ménage	$\lambda^{tm}$	part de la terre appartenant au ménage
$\lambda^{kf}$	part de revenu du capital appartenant aux firmes	$\lambda^{tf}$	part de revenu de la terre appartenant aux firmes
$\lambda^{kw}$	part de revenu du capital appartenant au reste du monde	$\tau^k$	taux de taxation des firmes

$\tau^{ym}$	taux de taxation sur le revenu	$\tau^{m}_{im}$	tarifs douaniers aux importations
$\tau^{f}_{mar}$	taux de taxation sur les exportations	$\tau^{x}_{vt}$	taux de taxation sur la production
$pme$	propension marginale à épargner du ménage		
<b>Consommation</b>			
$\theta_l$	consommation minimale dans la fonction LES-CD	$B^c_l$	part du bien l dans la consommation du ménage
$B^g_l$	part du bien l dans la consommation du gouvernement	$B^i_l$	part du bien l dans l'investissement total
<b>Commerce extérieur</b>			
$B^T_{ag}$	paramètre d'échelle pour la CET échanges internationaux	$\sigma^T_{ag}$	paramètre de substitution CET échanges internationaux
$\delta^T_{ag}$	paramètre de distribution CET échanges internationaux	$\gamma^T_{ag}$	paramètre de substitution CET échanges internationaux
$B^S_{ag}$	paramètre d'échelle CES Armington	$\sigma^S_{ag}$	élasticité de substitution CES Armington
$\delta^S_{ag}$	paramètre de distribution CES Armington	$\gamma^S_{ag}$	paramètre de substitution CES Armington
<b>Pluie</b>			
$\rho_{eau}$	part de la pluie affectant la production des terres agricoles	$\eta_{eau}$	part de la pluie affectant la production d'eau $E_{b_{eau}}$
$\varrho_{eau}$	part de la pluie affectant la production d'eau $W_{at_{eau}}$		

**Tableau 35. Paramètres**

## Annexe D. Élasticités

	$\sigma$	$\sigma^k$	$\sigma^j$	$\sigma^i$	$\sigma^{ae}$	$\sigma^{iae}$	$\sigma^{cns}$	$\sigma^{cn}$	$\sigma^{cs}$
<b>Branches</b>									
Légumineuse Sud-est	0.95	1.17	1.15	0.50					
Oléagineux Sud-est	0.95	1.17	1.15	0.50					
Culture sucrière Sud-est	0.95	1.17	1.15	0.50					
Production animale Sud-est	0.10	1.17	1.15	0.50					
Grain Sud-est	1.10	1.20	1.18	0.65					
Maraîchère Sud-est	1.05	1.15	1.15	0.60					
Arboriculture Sud-est	1.15	1.25	1.20	0.45					
Fertilisant Sud-est					0.9	0.9			
Industrie Sud-est					0.9	0.9			
Légumineuse Sud-ouest	0.90	1.10	0.95	0.45					
Oléagineux Sud-ouest	0.90	1.10	0.95	0.45					
Culture sucrière Sud-ouest	0.90	1.10	0.95	0.45					
Production animale Sud-ouest	0.10	1.10	0.95	0.45					
Grain Sud-ouest	0.95	1.13	1.05	0.55					
Maraîchère Sud-ouest	0.85	1.10	0.95	0.45					
Arboriculture Sud-ouest	0.85	1.10	0.95	0.45					
Fertilisant Sud-ouest					0.72	0.8			
Industrie Sud-ouest					0.72	0.8			
Légumineuse Nord-est	0.90	1.10	0.95	0.45					
Oléagineux Nord-est	0.90	1.10	0.95	0.45					
Culture sucrière Nord-est	0.90	1.10	0.95	0.45					
Production animale Nord-est	0.10	1.10	0.95	0.45					
Grain Nord-est	0.95	1.13	1.05	0.55					
Maraîchère Nord-est	0.85	1.10	0.95	0.45					
Arboriculture Nord-est	0.85	1.10	0.95	0.45					
Fertilisant Nord-est					0.72	0.8			
Industrie Nord-est					0.72	0.8			
Légumineuse Nord-ouest	0.95	1.17	1.15	0.50					
Oléagineux Nord-ouest	0.95	1.17	1.15	0.50					
Culture sucrière Nord-ouest	0.95	1.17	1.15	0.50					
Production animale Nord-ouest	0.10	1.17	1.15	0.50					
Grain Nord-ouest	1.10	1.20	1.18	0.65					
Maraîchère Nord-ouest	1.05	1.15	1.15	0.60					
Arboriculture Nord-ouest	1.15	1.25	1.20	0.45					
Fertilisant Nord-ouest					0.9	0.9			
Industrie Nord-ouest					0.9	0.9			

<b>Produits intermédiaires</b>		
Légumineuse Nord	4	
Oléagineux Nord	3	
Culture sucrière Nord	2	
Production animale Nord	2	
Grain Nord	4	
Maraîchère Nord	2	
Arboriculture Nord	3	
Fertilisant Nord	4	
Industrie Nord	4	
Légumineuse Sud		4
Oléagineux Sud		3
Culture sucrière Sud		2
Production animale Sud		2
Grain Sud		4
Maraîchère Sud		2
Arboriculture Sud		3
Industrie Sud		3
Fertilisant Sud		3
<b>Produits</b>		
Légumineuse	5	
Oléagineux	4	
Culture sucrière	3	
Production animale	3	
Grain	5	
Maraîchère	3	
Arboriculture	4	
Fertilisant	5	
Industrie	5	

**Tableau 36. Élasticités**

## Annexe E. Régions

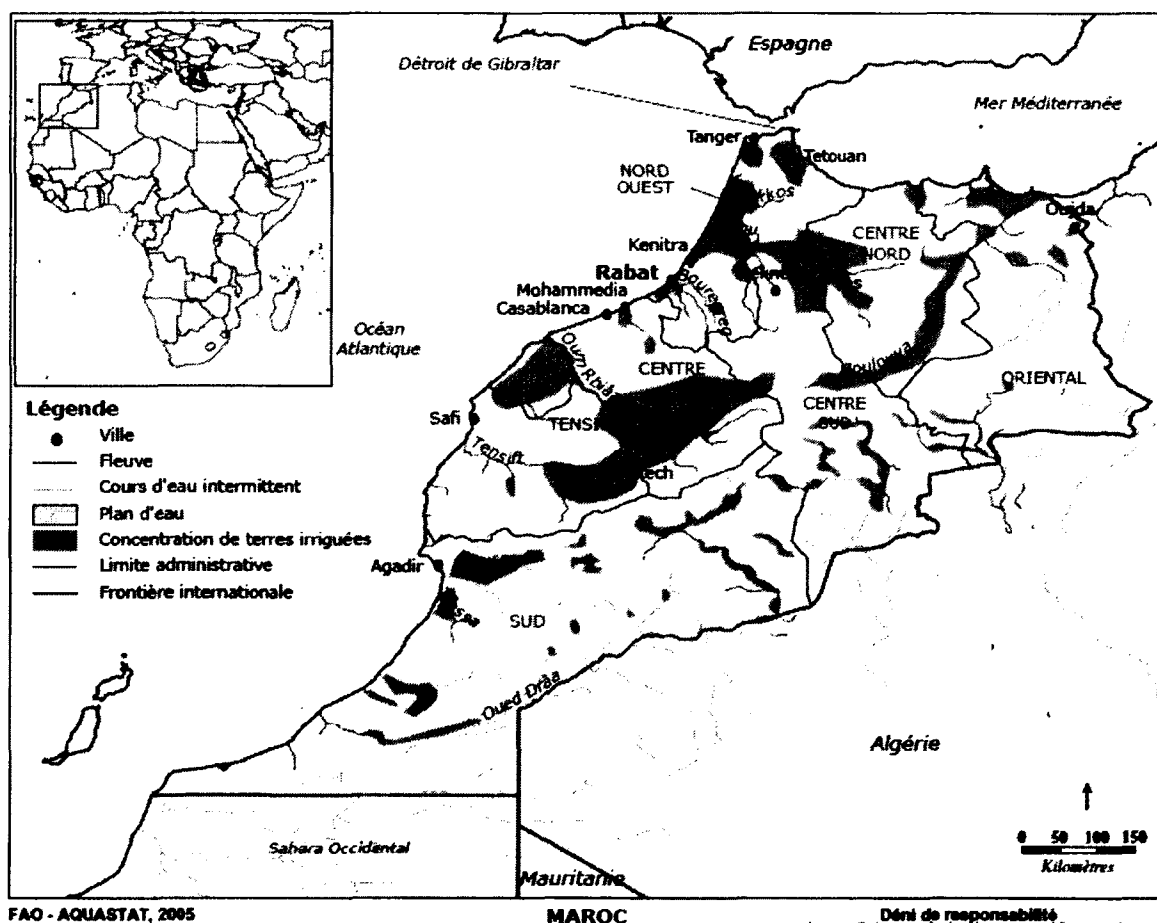
Régions modèles	Bassins versants	Régions administratives	Provinces	ORMVA
NE	Moulouya	Oriental	Nador	ORMVAM (Moulouya)
NE	Moulouya	Oriental	Berkane	ORMVAM (Moulouya)
NE	Moulouya	Oriental	Taourirt	ORMVAM (Moulouya)
NE	Moulouya	Oriental	Jerada	ORMVAM (Moulouya)
NE	Moulouya	Oriental	Oujda-Angad	ORMVAM (Moulouya)
NE	Moulouya	Oriental	Figuig	ORMVAM (Moulouya)
NE	Moulouya	Taza-Al Hoceima - Taounate	Taza	ORMVAM (Moulouya)
NE	Moulouya	Fes - Boulemane	Boulemane	ORMVAM (Moulouya)
NE	Moulouya	Meknes - Tafilalet	Ifrane	ORMVATf (Tafilalet)
NE	Moulouya	Meknes - Tafilalet	Kenifra	ORMVATf (Tafilalet)
NO	Loukkos, Tangérois et Côtiers méditerranées	Tanger-Tetouan	Larache	ORMVAL (Loukkos)
NO	Loukkos, Tangérois et Côtiers méditerranées	Tanger-Tetouan	Tanger-Assilah	ORMVAL (Loukkos)
NO	Loukkos, Tangérois et Côtiers méditerranées	Tanger-Tetouan	Chefchaouen	ORMVAL (Loukkos)
NO	Loukkos, Tangérois et Côtiers méditerranées	Tanger-Tetouan	Tetouan	ORMVAL (Loukkos)
NO	Loukkos, Tangérois et Côtiers méditerranées	Tanger-Tetouan	Fahs-Anjra	ORMVAL (Loukkos)
NO	Loukkos, Tangérois et Côtiers méditerranées	Taza-Al Hoceima - Taounate	Al Hoceïma	ORMVAL (Loukkos)
NO	Sebou	Gharb Chrarda - Beni Hssen	Kenitra	ORMVAG (Gharb)
NO	Sebou	Gharb Chrarda - Beni Hssen	Sidi Kacem	ORMVAG (Gharb)
NO	Sebou	Taza-Al Hoceima - Taounate	Taounate	ORMVAL (Loukkos)
NO	Sebou	Fes - Boulemane	Fès	
NO	Sebou	Fes - Boulemane	Moulay Yacoub	



<b>NO</b>	<b>Sebou</b>	<b>Fes - Boulemane</b>	<b>Sefrou</b>	
<b>NO</b>	<b>Sebou</b>	<b>Meknes-Tafilalet</b>	<b>Meknès</b>	<b>ORMVATf (Tafilalet)</b>
<b>NO</b>	<b>Sebou</b>	<b>Meknes - Tafilalet</b>	<b>El Hajeb</b>	<b>ORMVATf (Tafilalet)</b>
<b>NO</b>	<b>Bouregreg</b>	<b>Rabat - Sale - Zemmour - Zaer</b>	<b>Khemisset</b>	
<b>NO</b>	<b>Bouregreg</b>	<b>Rabat - Sale - Zemmour - Zaer</b>	<b>Skhirate- Temara</b>	
<b>NO</b>	<b>Bouregreg</b>	<b>Rabat - Sale - Zemmour - Zaer</b>	<b>Rabat</b>	
<b>NO</b>	<b>Bouregreg</b>	<b>Rabat - Sale - Zemmour - Zaer</b>	<b>Sale</b>	
<b>SE</b>	<b>Oum Rbiaa</b>	<b>Grand Casablanca</b>	<b>Mohammedia</b>	
<b>SE</b>	<b>Oum Rbiaa</b>	<b>Grand Casablanca</b>	<b>Casablanca</b>	
<b>SE</b>	<b>Oum Rbiaa</b>	<b>Grand Casablanca</b>	<b>Mediouna</b>	
<b>SE</b>	<b>Oum Rbiaa</b>	<b>Grand Casablanca</b>	<b>Nouaceur</b>	
<b>SE</b>	<b>Oum Rbiaa</b>	<b>Chaouia - Ouardigha</b>	<b>Ben Slimane</b>	
<b>SE</b>	<b>Oum Rbiaa</b>	<b>Chaouia - Ouardigha</b>	<b>Khouribga</b>	
<b>SE</b>	<b>Oum Rbiaa</b>	<b>Chaouia - Ouardigha</b>	<b>Settat</b>	
<b>SE</b>	<b>Oum Rbiaa</b>	<b>Doukala - Abda</b>	<b>El Jadida</b>	<b>ORMVAD (Doukkala)</b>
<b>SE</b>	<b>Oum Rbiaa</b>	<b>Doukala - Abda</b>	<b>Safi</b>	<b>ORMVAD (Doukkala)</b>
<b>SE</b>	<b>Oum Rbiaa</b>	<b>Tadla - Azilal</b>	<b>Azilal</b>	<b>ORMVAT (Tadla)</b>
<b>SE</b>	<b>Oum Rbiaa</b>	<b>Tadla - Azilal</b>	<b>Béni Mellal</b>	<b>ORMVAT (Tadla)</b>
<b>SE</b>	<b>Oum Rbiaa</b>	<b>Marrakech - Tensift - Al Haouz</b>	<b>Marrakech</b>	<b>ORMVAH (Haouz)</b>
<b>SE</b>	<b>Oum Rbiaa</b>	<b>Marrakech - Tensift - Al Haouz</b>	<b>El Kelaa Des Sraghna</b>	<b>ORMVAH (Haouz)</b>
<b>SE</b>	<b>Oum Rbiaa</b>	<b>Marrakech - Tensift - Al Haouz</b>	<b>Al Haouz</b>	<b>ORMVAH (Haouz)</b>
<b>SE</b>	<b>Tensift</b>	<b>Marrakech - Tensift - Al Haouz</b>	<b>Essaouira</b>	<b>ORMVAH (Haouz)</b>
<b>SE</b>	<b>Tensift</b>	<b>Marrakech - Tensift - Al Haouz</b>	<b>Chichaoua</b>	<b>ORMVAH (Haouz)</b>
<b>SO</b>	<b>Sud-Atlas</b>	<b>Oriental</b>	<b>Figuig</b>	
<b>SO</b>	<b>Sud-Atlas</b>	<b>Meknes - Tafilalet</b>	<b>Errachidia</b>	<b>ORMVATf (Tafilalet)</b>
<b>SO</b>	<b>Sud-Atlas</b>	<b>Guelmim - Es- Semara</b>	<b>Provinces Sahariennes</b>	
<b>SO</b>	<b>Sud-Atlas</b>	<b>Laayoune - Boujdour - Sakia El Hamar</b>	<b>Provinces Sahariennes</b>	
<b>SO</b>	<b>Sud-Atlas</b>	<b>Oued Ed-Dahab - Lagouira</b>	<b>Provinces Sahariennes</b>	

SO	Sud-Atlas	Souss-Massa Drâa	Ouarzazate	ORMVAO (Ouarzazate)
SO	Sud-Atlas	Souss-Massa Drâa	Zagora	ORMVASM (Souss-Massa)
SO	Souss-Massa Drâa	Souss-Massa Drâa	Taroudannt	ORMVASM (Souss-Massa)
SO	Souss-Massa Drâa	Souss-Massa Drâa	Agadir-Ida ou Tanane	ORMVASM (Souss-Massa)
SO	Souss-Massa Drâa	Souss-Massa Drâa	Inezgane -Aït Melloul	ORMVASM (Souss-Massa)
SO	Souss-Massa Drâa	Souss-Massa Drâa	Chtouka-Aït Baha	ORMVASM (Souss-Massa)
SO	Souss-Massa Drâa	Souss-Massa Drâa	Tiznit	ORMVASM (Souss-Massa)

**Tableau 37. Régions**



## Annexe F. Conditions pluviométriques

Région agricole	Cumul pluviométrique du 1er septembre au 30 mai		Variation par rapport à la normale (%) 2002/2003	Bassin versant	Région modèle
	Normale	2002/2003			
Rif	578	734	27	Moulouya, Loukkos	NE
Gharb	538	772	43	Sebou	NO
Saïs	528	539	2	Sebou	NO
Chaouia-Doukkala	378	430	14	Oum Rbâaa	SE
Tadla-Tensift	321	346	8	Tensift	SE
Oriental	236	225	-5	Moulouya, Loukkos	NE
Moyen Atlas	588	611	4	Sebou, Oum Rbâaa	SE et NO
Haut Atlas	355	398	12	Oum Rbâaa, Souss Massa	SE et NO
Présaharien	155	124	-20	Souss Massa	SO
Saharien	81	53	-35	Oued Drâa	SO

**Tableau 38. Conditions pluviométriques par région agricole**

Région modèle	Cumul pluviométrique du 1er septembre au 30 mai		Variation par rapport à la normale (%) 2002/2003
	Normale	2002/2003	
Nord-est	525	592	4,25
Nord-ouest	1360	1616,5	15,67
Sud-est	1170,5	1280,5	7,5
Sud-ouest	413,5	376	-16,33

**Tableau 39. Conditions pluviométriques par régions modélisées**

## **Bibliographie**

Abdelkhalek, T. (2003), *Matrice de comptabilité sociale marocaine*, Institut National de Statistique et d'Économie Appliquée, *mimeo*, Rabat, Maroc.

Ali, F. et Parikh, A. (1992), Relationship Among Labor, Bullock, and Tractor Inputs in Pakistan Agriculture, *American Journal of Agricultural Economics* 74(2), 371-377.

Armington, P.S. (1969), A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production, *IMF Staff Paper*, 16:159-76.

Banque Mondiale (2010), Cadre de Partenariat Stratégique 2010-2013 entre le Groupe Banque Mondiale et le Royaume du Maroc, Rabat, Maroc.

Belghiti, M. (2003), La Tarification de l'eau d'irrigation au Maroc: Principes pratiques et acquis, *Revue H.T.E.*, Numéro 125, 54-64.

Belghiti, M. (2004), Valorisation de l'eau et tarification dans les périmètres de « grande hydraulique », Projet INCO-WADEMED, Actes du Séminaire, Modernisation de l'Agriculture Irriguée, Rabat, Maroc.

Berck, P., Robinson, S. et Goldman, G. (1991), The Use of Computable General Equilibrium Model to Assess Water Policies, dans A. Dinar et D. Silberman (eds), *The Economic and Management of Water and Drainage in Agriculture*, Kluwer Academic Publisher, Boston, 489-509.

Berritella, M., Rehdanz, K., Roson, R. et Tol. R.S.J. (2006), The Economic Impact Of Water Pricing: A Computable General Equilibrium Analysis, *Working paper*, FNU-96, Centro Interdipartimentale di Ricerche sulla Programmazione Informatica dell'Economia e delle Tecnologie (CIRPIET), University of Palermo, Palermo, Italy

Binswanger, H.P. (1974), A Cost Function Approach to the Measurement of Elasticities of Factor Demand and Elasticities of Substitution, *American Journal of Agricultural Economics* 56(2), 377-386.

Briand, A. (2006), Marginal Cost versus Average Cost Pricing with Climatic Shocks in Senegal: A Dynamic Computable General Equilibrium Model Applied to Water, *Nota di lavoro 144.2006*, Fondazione Eni Enrico Mattei, Climate Change Modelling and Policy, Milan, Italie.

Debertin, D.L., Pagoulatos, A. et Aoun, A. (1990), Impacts of Technological Change on Factor Substitution between Energy and Other Inputs within U.S. Agriculture, 1950-79, *Energy Economics* 12(1), 2-10.

- Decaluwé, B., Martens, A. et Savard, L. (2001), La politique économique du développement et les modèles d'équilibre général calculable, Les presses de l'Université de Montréal, Montréal, Canada.
- Decaluwé B., Patry, A. et Savard, L. (1998), Quand l'eau n'est plus un don du ciel: un MEGC appliqué au Maroc, *Revue d'économie du développement*, 3-4/1998, 149-187.
- Decaluwé B., Patry, A. et Savard, L. (1999), When water is no Longer Heaven Sent: A Comparative Pricing Analysis in an AGE Model, *Document de travail n° 9908*, CRÉFA, Université Laval, Québec, Canada.
- El Houdi, K. (2010), Secteur de l'eau au Maroc, Situation et perspectives à l'aune des changements climatiques, *Les Cahiers du Plan*, No. 27, Rabat, Maroc, 60-73.
- Goldin, I. et Roland-Host, D. (1995), Economic Policies for Sustainable Resource Use in Morocco, dans Goldin, I. et Winters, L.A., *The Economics of Sustainable Development*, University Press, Cambridge, 175-199.
- Ray, S.C. (1982), A Translog Cost Function Analysis of U.S. Agriculture, 1939-77, *American Journal of Agricultural Economics* 64(3), 490-498.
- Ramsey, F. (1927), A Contribution to the Theory of Taxation, *Economic Journal* 37, 47-61.
- Royaume du Maroc (2004), Secteur de l'Eau et de l'Assainissement, Note de Politique Sectorielle, Document de la Banque Mondiale, *Rapport No. 29994-MOR*.
- Royaume du Maroc (2004), Secrétariat d'État auprès du Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau, *Le secteur de l'eau en chiffres*, Rabat, Maroc.
- Royaume du Maroc (2008), Haut Commissariat au Plan, Direction de la statistique, *Annuaire statistique du Maroc*, Rabat, Maroc.
- Royaume du Maroc (2009), Haut Commissariat au Plan, *Le Maroc des régions 2008*, Rabat, Maroc.
- Royaume du Maroc-SAM (2003), Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, réalisé sous la direction du Conseil Général du Développement Agricole, *Situation de l'Agriculture Marocaine (SAM) 2003*, Rabat, Maroc.
- Royaume du Maroc-SAM (2008), Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, réalisé sous la direction du Conseil Général du Développement Agricole, *Situation de l'Agriculture Marocaine (SAM) N°6*, Rabat, Maroc.

Savard, L. (2009), Notes de cours pour le cours *Stratégie du développement économique*, Ecn 828. Faculté d'administration, Département d'économique, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada.

Tenneson, M. et Rojat, D. (2003), La tarification de l'eau au Maroc: comment servir différentes causes?, *Afrique contemporaine*, 205-2003/1, Agence française de Développement, 151-169.

Thabet, C. (2003), Réforme de la politique des prix de l'eau d'irrigation en Tunisie: approche en équilibre général, Thèse de Doctorat en Sciences économiques, ENSAR, Rennes, France.

Velázquez, E., Cardenete, A. et Hewings G. (2007), Water price and water reallocation in Andalusia: a Computable General Equilibrium approach, *Working paper*, ECON 07.04, Department of Economics, Universidad Pablo de Olavide, Seville, Spain.

### **Internet**

Banque Mondiale (2009), Morocco at a glance,  
[http://devdata.worldbank.org/AAG/mar\\_aag.pdf](http://devdata.worldbank.org/AAG/mar_aag.pdf)

UNESCO (2009), The 3<sup>rd</sup> United Nations World Water Development Report: Water in a Changing World, WWDR-3,  
<http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/tableofcontents.shtml>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2005), *L'irrigation en Afrique en chiffres – Enquête AQUASTAT 2005*,  
<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries/morocco/indexfra.stm>.

Royaume du Maroc, Secrétariat d'État auprès du Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'eau et de l'Environnement, Chargé de l'Eau et de l'Environnement (2009),  
[http://www.water.gov.ma/index.cfm?gen=true&ID=13&ID\\_PAGE=372](http://www.water.gov.ma/index.cfm?gen=true&ID=13&ID_PAGE=372) .

Royaume du Maroc, Office National de l'Eau Potable (ONEP) (2010),  
<http://www.onep.ma/>

Royaume du Maroc, Office National de l'Électricité (ONE) (2010),  
<http://www.one.org.ma/>

Société marocaine des fertilisants (2002), <http://www.fertima.co.ma/reseau/index-intern.htm>